



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

## RODINNÝ DŮM - AKTIVNÍ UZEL VE SMART GRID

THE FAMILY HOUSE - ACTIVE NODE IN THE SMART GRID

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ZDENĚK BAŽANT

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN MACHÁČEK, Ph.D.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor  
**Elektroenergetika**

**Student:** Bc. Zdeněk Bažant

**ID:** 125363

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2013/2014

## NÁZEV TÉMATU:

### Rodinný dům - aktivní uzel ve Smart Grid

#### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Rešerše současného stavu u nás a ve světě: Definice inteligentní budovy, Energetická náročnost budov, Evropská norma EN 15232 (Energetická náročnost budov – vliv automatizace, řízení a správy budov). Chytré sítě, historie, princip a koncept, motivace, budoucnost.
2. Systémová elektroinstalace, Building management system (BMS), Intelligent building management (IBM), building automation system (BAS), systémové řízení domů a budov. Vizualizace.
3. Řízení a regulace zdrojů energie v rámci inteligentní budovy. Vhodné a použitelné zdroje, charakteristika zdrojů, výhody a nevýhody.
4. Tvorba metodiky predikce/prediktivní model spotřeby, výroby a akumulace elektrické energie rodinného domu na příštích 24 nebo 48 hodin.
5. Sestavení výčtu zařízení, kterými se dnes vybavují rodinné domy a budovy podle jejich vztahu k elektrické energii (spotřebič, generátor, akumulátor a kvantifikujte u každého zařízení typické rozsahy spotřeby, výkonu akumulační kapacity).
6. Návrh minimálního souboru veličin, které jsou nutné pro realizaci dostatečně přesného předpovědního modelu. Využijte například časové průběhy získávané na vybraných reálných lokalitách, popřípadě normované typové diagramy zatížení.

#### DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

**Termín zadání:** 10.2.2014

**Termín odevzdání:** 23.5.2014

**Vedoucí práce:** Ing. Jan Macháček, Ph.D.

**Konzultanti diplomové práce:**

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

*Předseda oborové rady*

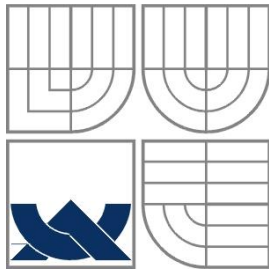
Bibliografická citace práce:

BAŽANT, Z. Rodinný dům – aktivní uzel ve Smart Grid. Diplomová práce. Brno: Ústav elektroenergetiky FEKT VUT v Brně, 2014, 71 stran.

Jako autor uvedené diplomové (bakalářské) práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové (bakalářské) práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. Díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Macháčkovi, Ph.D. za ochotu, vstřícný přístup, cenné rady a účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc v průběhu zpracování mé diplomové práce.

.....



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**



**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií  
Ústav elektroenergetiky**

**Diplomová práce**

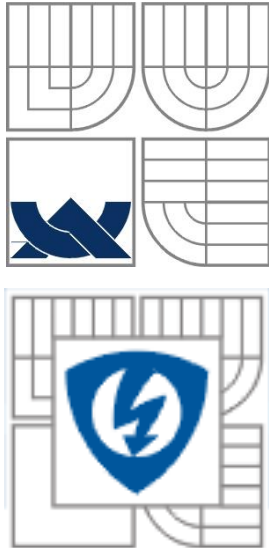
# **Rodinný dům – aktivní uzel ve Smart Grid**

**Bc. Zdeněk Bažant**

**vedoucí: Ing. Jan Macháček, PhD.**

**Ústav elektroenergetiky, FEKT VUT v Brně, 2014**

**Brno**



**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**

**Faculty of Electrical Engineering and Communication  
Department of Electrical Power Engineering**

**Master's Thesis**

# **Family house – active node in the Smart Grid**

**by**

**Bc. Zdeněk Bažant**

**Supervisor: Ing. Jan Macháček, PhD.**

**Brno University of Technology, 2014**

**Brno**

**ABSTRAKT**

Práce se zabývá problematikou inteligentních domů a budov. V první části je provedená rešerše systémů, kterými je možné vybavit inteligentní budovu. U každého ze systémů je uveden podrobný popis funkce a významu. Druhá část je zaměřena na energetickou náročnost budov, kde je popsána Evropská norma EN 15232 (Energetická náročnost budov – vliv automatizace řízení a správy budov). V praktické části bylo sestaveno schéma zařízení, kterými se vybavují inteligentní rodinné domy a jejich rozdělení podle vztahu k elektrické energii. Každé z jednotlivých zařízení je charakterizováno elektrickými a neelektrickými veličinami, rámcově posazenými pro aplikace pro rodinný dům. Další částí je návrh postupu predikčního modelu spotřeby a výroby elektrické energie. Je zde uveden soubor veličin, potřebných pro predikční model a následně uveden postup pro realizaci predikčního modelu.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** chytré domy; chytré sítě; EN 15232; zdroje elektrické energie; spotřebiče elektrické energie; akumulární kapacity; predikce spotřeby, výroby, akumulace.

**ABSTRACT**

This thesis deals with issues of smart houses and smart buildings. In the first part there is a research of possible systems installed in smart house. Each system is described from the perspective of its function and importance. The second part is focused on energy demands and where there is described European standard EN 15232 (Energy demand of building – influence of control automation and house management). In the practical part there was created scheme with devices which can be equipped smart houses with and their separation according to their relation to electricity. Each device is characterized by its electrical and nonelectrical parameters typical for family houses. Next part is about the proposal of prediction model of electricity consumption and generation. There are also stated quantities needed for prediction model and then method for prediction model realization.

**KEY WORDS:** smart houses; Smart Grid, EN 15232; electricity sources; electricity appliances; accumulation capacities; prediction of consumption, generation, accumulation.

**OBSAH**

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>10</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>12</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>13</b>
<b>2 INTELIGENTNÍ BUDOVY .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 INTEGROVANÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 MANAGEMENT ENERGETICKÉHO HOSPODÁŘSTVÍ (BMS- BUILDING MANAGEMENT SYSTEM) .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 SYSTÉM ŘÍZENÍ VYTÁPĚNÍ, CHLAZENÍ A VZDUCHOTECHNIKY .....</b>	<b>18</b>
2.3.1 PROCESNÍ ÚROVEŇ – LOKÁLNÍ ŘÍZENÍ.....	19
2.3.2 NADŘAZENÁ AUTOMATIZAČNÍ ÚROVEŇ.....	19
2.3.3 ÚROVEŇ SPRÁVY INFORMACÍ- OPERÁTORSKÁ PRACOVNÍ STANICE .....	19
<b>2.4 ELEKTRONICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE (EPS) .....</b>	<b>20</b>
<b>2.5 ZABEZPEČOVACÍ A PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM .....</b>	<b>22</b>
<b>2.6 UZAVŘENÝ TELEVIZNÍ OKRUH (CCTV) .....</b>	<b>23</b>
<b>2.7 ŘÍZENÍ OSVĚTLENÍ A OVLÁDÁNÍ ŽALUZII.....</b>	<b>24</b>
<b>2.8 PRINCIP SYSTÉMOVÉ ELEKTROINSTALACE.....</b>	<b>26</b>
<b>2.9 VIZUALIZACE .....</b>	<b>26</b>
<b>2.10 BUILDING AUTOMATION SYSTEM (BAS) .....</b>	<b>27</b>
<b>3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST A EFEKTIVNOST BUDOV .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 EVROPSKÁ NORMA EN 15232.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 TARIFY A SAZBY ELEKTŘINY.....</b>	<b>33</b>
<b>4 CHYTRÉ SÍTĚ- SMART GRIDS .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 HISTORIE A VZNIK CHYTRÝCH SÍTÍ .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 MOTIVACE PRO SMART GRID .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 SMART METERING .....</b>	<b>38</b>
4.3.1 SBĚR DAT .....	39
4.3.2 DATOVÉ PŘENOSY.....	39
<b>4.4 NYNĚJŠÍ A BUDOUCÍ SITUACE V EU A USA .....</b>	<b>39</b>
4.4.1 CHYTRÉ DOMY, JAKO PRVKY CHYTRÉ SÍTĚ .....	40
<b>5 MALÉ ZDROJE ENERGIE VYUŽITELNÉ V INTELIGENTNÍCH RODINNÝCH DOMECH .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA .....</b>	<b>45</b>
5.1.1 FOTOVOLTAICKÉ PANELY .....	45
5.1.1 VÝTĚŽNOST FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY .....	45
<b>5.2 MALÁ VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA.....</b>	<b>47</b>
5.2.1 VÝKON VTE .....	47
<b>5.3 MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA (SEDLÁČKOVA TURBÍNA) .....</b>	<b>48</b>



---

<b>5.4 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA .....</b>	<b>48</b>
<b>5.5 SOLÁRNÍ KOLEKTORY .....</b>	<b>49</b>
5.5.1 ENERGETICKÝ POTENCIÁL SOLÁRNÍHO SYSTÉMU .....	50
<b>5.6 TEPELNÉ ČERPADLO .....</b>	<b>51</b>
5.6.1 VELIKOST TEPELNÉHO ČERPADLA .....	51
<b>5.7 KOTEL SPALUJÍCÍ BIOMASU .....</b>	<b>52</b>
<b>5.8 PALIVOVÉ ČLÁNKY .....</b>	<b>53</b>
<b>6 METODIKA KRÁTKODOBÉ PREDIKCE .....</b>	<b>56</b>
<b>6.1 PREDIKCE SPOTŘEBY ELEKTRICKÉ ENERGIE V ČASOVÝCH ŘADÁCH .....</b>	<b>57</b>
6.1.1 PŘÍPRAVA A ZPRACOVÁNÍ DAT .....	57
6.1.2 TVORBA STOCHASTICKÉHO MODELU.....	57
6.1.3 PREDIKČNÍ ALGORITMUS .....	58
6.1.4 ZÁVISLOST NA TEPLOTĚ .....	59
6.1.5 ZÁVISLOST MEZI HODNOTAMI .....	59
<b>6.2 PREDIKCE VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE Z VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN.....</b>	<b>59</b>
6.2.1 DATA PRO PREDIKCI.....	59
6.2.2 VERIFIKACE MODELU .....	61
<b>6.3 PREDIKCE VÝROBY ELEKTRICKÉ ENERGIE Z FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY.....</b>	<b>63</b>
6.3.1 DATA PRO PREDIKCI.....	63
6.3.1 VYHODNOCENÍ PREDIKOVANÝCH A REÁLNÝCH DAT .....	64
<b>7 ZÁVĚR.....</b>	<b>66</b>
<b>7.1 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU .....</b>	<b>67</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>68</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 2-1</i> Názorný příklad vybavení inteligentní budovy [3] .....	14
<i>Obr. 2-2</i> Snaha inteligentní budovy (IB) [2] .....	15
<i>Obr. 2-3</i> Příklad topologie BMS inteligentní budovy [2] .....	17
<i>Obr. 2-4</i> Princip funkce monitorování spotřeby s použitím sběrnice KNX [11].....	18
<i>Obr. 2-5</i> Princip funkce řízení klimatu s použitím sběrnice KNX [11] .....	20
<i>Obr. 2-6</i> Příklad schématu zapojení EPS. Systém EBL128 od firmy Panasonic[6] .....	21
<i>Obr. 2-7</i> Příklad rozmístění prvků EZS [7].....	23
<i>Obr. 2-8</i> Schéma zapojení uzavřeného televizního okruhu CCTV [9].....	23
<i>Obr. 2-9</i> Nastavení rolet při denním svitu [8].....	24
<i>Obr. 2-10</i> Potenciální úspory energie potřebné ke svícení při použití automaticky řízeného osvětlení [10].....	25
<i>Obr. 2-11</i> Princip funkce řízení osvětlení s použitím sběrnice KNX [11].....	25
<i>Obr. 2-12</i> Příklad vizualizace vytápění .....	27
<i>Obr. 3-1</i> Garantovaná minimální a maximální úspora energie inteligentní budovy v porovnání s klasickou budovou [10] .....	30
<i>Obr. 4-1</i> Příklad schématu inteligentní sítě (Smart Grid) [13] .....	34
<i>Obr. 4-2</i> Smart Grids a jeho kontext [15] .....	36
<i>Obr. 4-3</i> Vývoj výroby elektrické energie z OZE [16] .....	37
<i>Obr. 4-4</i> Přenos dat ve Smart meteringu .....	38
<i>Obr. 5-1</i> Schéma zdrojů využitelných v inteligentním rodinném domě.....	42
<i>Obr. 5-2</i> Schéma spotřebičů využitelných v inteligentním rodinném domě .....	43
<i>Obr. 5-3</i> Schéma akumulčních kapacit využitelných v inteligentním rodinném domě.....	44
<i>Obr. 5-4</i> Schéma možného zapojení mikro-kogenerační jednotky [27].....	48
<i>Obr. 5-5</i> Schéma kombinované soustavy s centrálním zásobníkem tepla. [28].....	49
<i>Obr. 5-6</i> Schéma přípravy teplé vody: vlevo s předřazeným zásobníkem v pravo s bivalentním zásobníkem [29] .....	50
<i>Obr. 5-7</i> Vhodné otopné soustavy pro TČ [31].....	52
<i>Obr. 5-8</i> Schéma zapojení kotle na biomasu.....	53
<i>Obr. 6-1</i> Postup při tvorbě predikčního programu .....	56
<i>Obr. 6-2</i> Příklad průběhu denní spotřeby [34] .....	58
<i>Obr. 6-3</i> Příklad větrné růžice [35] .....	60
<i>Obr. 6-4</i> Výkonová křivka větrné elektrárny se jmenovitým výkonem 600 W. [37].....	61
<i>Obr. 6-5</i> Průběh solárního záření během dne .....	63

---

<i>Obr. 6-6 Příklad průběhu indexu barvy</i> .....	64
<i>Obr. 6-7 Srovnání naměřených a predikovaných dat</i> .....	65

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 3-1 Rozdíly ve spotřebě energie tříd A, B, D v porovnání se základní třídou C [10] .....</i>	<i>30</i>
<i>Tab. 3-2 Seznam funkcí a přiřazení do tříd energetické účinnosti (Výtah z tabulky 1 normy EN 15232 [10].....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 3-3 Tabulka dvoutarifních sazeb[18].....</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 5-1 Způsoby zapojení FV elektrárny [21][22].....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 5-2 Porovnání technologií FV panelů.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 5-3 Názorný příklad faktorů ovlivňujících výťažnost elektrárny umístěné v lokalitě Brno (pomocí programu od IBC Solar) .....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 5-4 Průměrná roční výťažnost u malých větrných elektráren[23] .....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 5-5 Parametry mikroVE Setur[28].....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 5-6 Porovnání poklesu účinnosti mezi plochými a trubicovými kolektory při 10° C .....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 5-7 Roční provozní faktor tepelných čerpadel [32] .....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 5-8 Náhradní body bivalence pro čerpadlo vzduch - voda .....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 5-9 výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů využitelných v inteligentním rodinném domě....</i>	<i>54</i>

# 1 ÚVOD

Postupem času se zvyšují požadavky na komfort, ve kterém se nacházíme a tím i požadavky na systémy spojené s využíváním různých druhů energií. Jedním z moderních trendů je výstavba tzv. inteligentních budov, které obsahují širokou škálu moderních zařízení, ulehčujících, či zlepšujících život osobám uvnitř žijícím. Pojem inteligentní budova můžeme chápat jako objekt, ve které se nacházejí moderní technologie a systémy, které jsou mezi sebou propojeny a na základě přednastavených režimů a aktuálních stavů mohou mezi sebou komunikovat. Díky optimalizaci jednotlivých řídicích celků a automatizaci systému, můžeme dosáhnout poměrně vysokého procenta úspor. Předpokládá se, že inteligentní budovy ve spolupráci s různými zdroji energie (převážně OZE) budou v budoucnu hrát klíčovou roli v oblasti nemovitostí. Mezi základní technologie uvnitř IB patří systém řízení vytápění, chlazení a vzduchotechniky. Tento systém zprostředkovává příjemné prostředí, co se týče teploty. Spolupracuje s mnoha dalšími faktory, jako je venkovní teplota, čas apod. Elektronická požární signalizace upozorňuje na možnost vzniku požáru v jeho raném stádiu. Dalším systémem, využívaným v inteligentních budovách je zabezpečovací a přístupový systém, který nejen hlídá budovu proti neoprávněnému vniknutí, ale také může fungovat jako docházkový systém, což bývá využíváno zejména ve firmách. Systém, který se stará o dosažení pokud možno co nejkvalitnějšího světla se nazývá systém řízení osvětlení a ovládání žaluzií. Inteligentní budovy mohou obsahovat celou řadu dalších systémů umožňujících větší komfort a dosažení vyšších úspor při provozu.

Inteligentní domy je možno vybavovat vlastními zdroji energie, jak elektrické tak tepelné. Vhodnou kombinací zdrojů, můžeme dosáhnout částečné, nebo i úplné energetické nezávislosti. Postupem času a zaváděním inteligentních sítí, tak zvané Smart Grid bude narůstat počet malých domácích zdrojů energie a budou hrát významnější roly v celkovém energetickém mixu. Na základě predikcí výroby a spotřeby elektrické energie bude síť přizpůsobena v čase a bude využívat veškerých dostupných malých elektráren. Myšlenka je i taková, že inteligentní domy budou představovat určitou kapacitu, kterou bude síť moci využít v momentě energetických špiček.

## 2 INTELIGENTNÍ BUDOVY

Inteligentní budovou rozumíme objekt, obsahující propojený systém řízení (energetika, komunikace, technika prostředí), zabezpečení (požární ochrana, kontrola přístupu, bezpečnostní systém) a správy budovy (pronájem, plánování, leasing, inventář). Podstatou je vzájemná spolupráce mezi jednotlivými složkami a tím dosažení maximální efektivity funkce budovy. Cílem inteligentní budovy je snížení nákladů a zároveň zajištění maximálního komfortu, bezpečnosti a prodejnosti. Pro zrealizování daných požadavků je klíčovou záležitostí sdílení informací mezi jednotlivými prvky, k čemuž se využívá obousměrná datová komunikace neboli integrace systému. Dále jsou uvedeny důvody zlepšování a realizace inteligentních budov.

- Snížení spotřeby energií
- Snížení provozních nákladů
- Zvýšení komfortu poskytovaných služeb
- Zvýšení produktivity
- Zrychlení návratnosti investice
- Prodloužení doby životnosti budovy

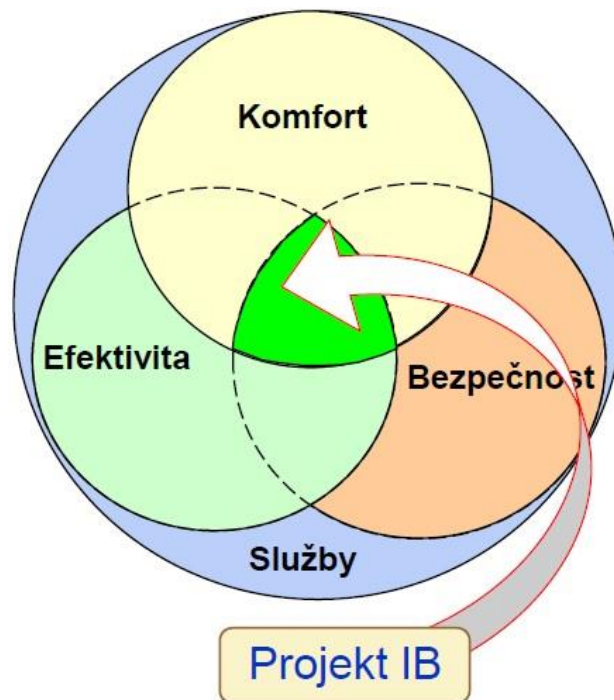


Obr. 2-1 Názorný příklad vybavení inteligentní budovy [3]

Neoptimalizovaným chodem spotřebičů v budově je rapidně zvyšovaná spotřeba energií a tím značně vyšší provozní náklady. Pro zvýšení úspor je důležitá vhodná časová organizace energeticky náročných spotřebičů. Konkrétní funkce řídicího systému, které mohou vést ke zvýšení provozních úspor jsou následující. [1]

- Vzájemné vazby v řízení vytápění a chlazení, které zabezpečují součinnost těchto systémů (systémy nepracující proti sobě)

- Řízení výkonu zdrojů tepla a chladu podle okamžitého odběru, rozložení celkového výkonu zdrojů tepla a chladu do více výkonových stupňů, aby bylo možné respektovat časově proměnné požadavky na jejich výkon.
- Řízení vnitřního klimatu budovy s ohledem na vnější povětrnostní podmínky
- Využívání systémů s proměnným průtokem vzduchu podle skutečné spotřeby ve větraných prostorech (VAV boxy)
- Snižování spotřeby pravidelným krátkodobým vypínáním zařízení, jelikož většina zařízení je výkonově dimenzována na nejhorší možný případ- např. ventilátory VZT jednotek mohou být vypnuty na 10 minut každou hodinu, aniž by se to projevilo na kvalitě prostředí
- Aplikací časových programů pro řízení osvětlení chodeb a schodišť, automatická regulace intenzity osvětlení podle intenzity denního světla
- Vytvoření více světelných okruhů v daném prostoru tak, aby mimo hlavní provozní dobu bylo možné prostřednictvím řídicího systému snížit úroveň osvětlení



Obr. 2-2 Snaha inteligentní budovy (IB) [2]

## 2.1 Integrované systémy

Provoz budov je zajištěn řadou systémů- řízení vytápění, chlazení a vzduchotechniky, řízení osvětlení, řízení energetického konceptu budovy, řízení výtahů, požární signalizace (EPS), přístupový systém, bezpečnostní systém, uzavřený televizní okruh a další doplňkové systémy. Každý z těchto systémů je často vybaven autonomní automatikou, která má za úkol optimální provoz s možností diagnostiky provozních a poruchových stavů. Pomocí sériové sběrnice každého prvku propojené s počítačem na pracovišti obsluhy je možné řídit a monitorovat dané zařízení.

V rámci inteligentní budovy je ale nezbytně nutná vzájemná komunikace mezi jednotlivými systémy např. při požáru je spuštěna požární ventilace a vypne se veškerá ostatní vzduchotechnika. Dále se výtahy přepnou do požárního režimu, osvětlí se evakuační trasy a odblokují únikové východy. Další situace může být taková, že je ovládáno osvětlení a klimatizace na základě přístupového systému, který vyhodnotí obsazenost daných prostor. Systémy, které jsou na sobě tímto způsobem vázané se dopustí podstatně méně chyb a komunikace mezi sebou je rychlejší, než v případě kdy posloupnost jednotlivých úkonů je prováděna pracovníky obsluhy.

Skutečné propojení systémů inteligentní budovy je možno realizovat integrací neboli propojením systémů pomocí komunikačních kanálů. Možnosti propojení jsou následující. [1]

- a) Využitím brány (gateway)
- b) Sdílenými protokoly
- c) Aplikací standardů, univerzálních protokolů

## 2.2 Management energetického hospodářství (BMS- Building Management System)

Velkou částí provozních nákladů budov tvoří energetické náklady na systémy vytápění, ventilace, klimatizace a osvětlení. Pro zrealizování úsporných opatření je možno zavést tkz. energetický management. I přesto že se snažíme spořit energii, tak naše spotřeba narůstá a to díky většímu využívání elektrických spotřebičů a také díky ztrátám způsobeným stand-by režimem a používáním klimatizace. Energetické náklady tvoří cca. 25% z celkových provozních nákladů. Důsledkem zvyšování cen energie se klade čím dál větší důraz na ekonomičtější provoz. Snižování ztrát a množství spotřebované energie je úkolem energetického managementu. Použitý Software pro energetický management shromažďuje data z různých zdrojů. Jedná se o hodnoty změn teplot, vlhkosti, kvalitu ovzduší, oxidu uhličitého a nastavují se vzory pro výpočet spotřeby energie, tak aby byla zároveň zachována kvalita zdravého prostředí v budově.





Obr. 2-3 Příklad topologie BMS inteligentní budovy [2]

S energetickým managementem je také pevně spojena dokumentace spotřeby a nákladů. Pro srozumitelný výstup je důležité určit ukazatel energetické náročnosti, jedná se například o vyjádření spotřeby na metr čtvereční za jednu pracovní hodinu. Tento ukazatel musí mít pro uživatele jasnou vypovídající hodnotu. Dále se do energetického managementu zahrnuje také dlouhodobý přehled o spotřebě energie. Získané údaje se převážně převádí do grafické podoby a tím je jednoznačně jasné jak se v dané budově hospodáří s energií a popř. jsou zavedeny možné optimalizace a následně dojde ke zpětné vazbě a je vidět úspěch či neúspěch provedených kroků. Spotřeba energie také v nemalém měřítku závisí na chování uživatelů budovy. Ukázkou grafického výstupu energetického managementu, je možné vnést do podvědomí uživatelů na kterých místech mohou zodpovědným chováním a využíváním spotřebičů ušetřit energii. K nejčastějším opatřením vedoucím k úsporám energie patří. [4]

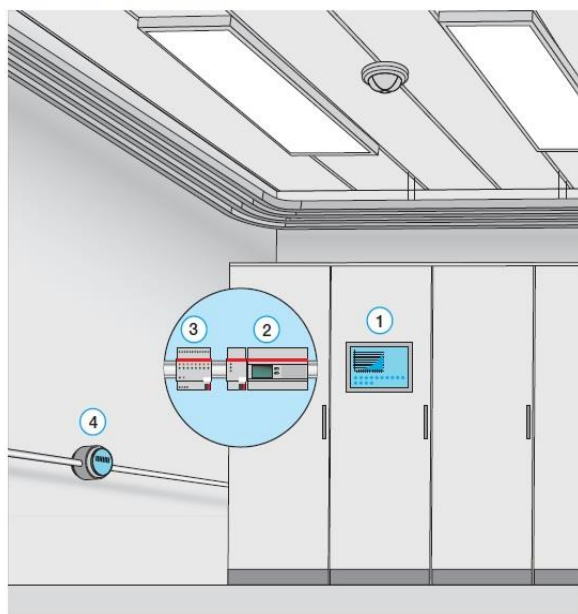
- Zavedení úsporných spotřebičů
- Optimalizace výroby a distribuce tepla pro vytápění
- Využití odpadního tepla při výrobě stlačeného vzduchu
- Optimalizace provozu vzduchotechnických soustav
- Centralizace sledování a hodnocení energetické náročnosti
- Zavedení obnovitelných zdrojů energie (solární panely, biomasa)
- Zlepšení netěsností v obálkách budov a různé izolační úpravy

### Infrastruktura měření spotřeby energií

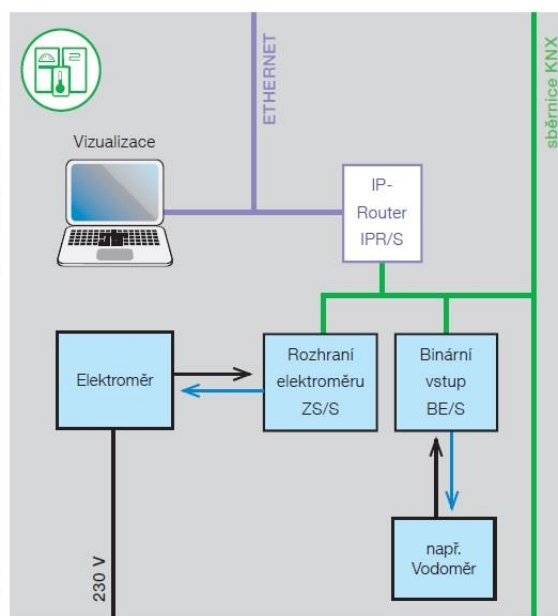
- **Instalace jednoho měřidla-** je využito pouze pro měření primární energie (elektřina, zemní plyn, voda). Realizuje se instalací zařízení na hlavních přívodech vody. Změříme ale pouze celkovou spotřebu, ale nedostaneme informaci o tom, kolik energie je využito pro osvětlení, vytápění, ohřev vody apod.

- **Instalace dílčích měřidel** – dílčí měřidla se instalují v příslušných prostorách, kde je třeba zjistit kolik se spotřebuje energie pro vytápění, ventilaci, chlazení a osvětlení
- **Instalace samostatných měřičů spotřeby** – instalují se v případě, že je třeba zaznamenávat spotřeba energie v určitých oddělených prostorách (patra, oddělení) a zjistit zde energetickou náročnost. Základním požadavkem je instalace samostatných topných okruhů s měřiči spotřeby. Pro komunikaci s měřiči jsou využívány sběrníkové systémy ModBus, LON, Meterbus apod.
- **Normalizace** - zde jsou naměřené hodnoty převedeny do smysluplných informací a vyhodnoceny, zda je spotřeba přiměřená neb příliš vysoká. Jsou určeni energetičtí ukazatelé náročnosti, pomocí kterých je prováděno porovnání.
- **Archivace** - ukládání naměřených hodnot spotřebované energie a ukazatelů energetické náročnosti. Díky archivaci je možno ukazovat změnu spotřeby energie v čase.
- **Vizualizace**
- **Optimalizace**

1 Vizualizace | 2 Elektroměr s rozhraním  
3 Binární vstup | 4 Vodoměr



Princip funkce monitorování spotřeby



Obr. 2-4 Princip funkce monitorování spotřeby s použitím sběrnice KNX [11]

## 2.3 Systém řízení vytápění, chlazení a vzduchotechniky

Problematika řízení vytápění, chlazení a vzduchotechniky je řešena v decentralizovaném řídicím systému s inteligencí rozloženou do jednotlivých úrovní. Decentralizovaný systém se vyznačuje zejména.[5]

- Zvýšenou odolností proti poruchám – porucha vzniklá v určité části systému se projeví pouze v dané oblasti
- Jednoduchá údržba a kontrola systému – regulátory jsou pozicovány blízko řízené technologie.
- Vyšší spolehlivost – krátká kabeláž k čidlům a akčním orgánům a tím pádem snížené riziko indukce rušivých signálů.

Automatizační systém je rozdělen do tří úrovní podle Evropské standardizační komise

### 2.3.1 Procesní úroveň – lokální řízení

Procesní úroveň je tvořena mikroprocesorovými regulátory, na jejichž vstupy jsou připojeny snímače a čidla regulovaných a měřených veličin a zároveň také signály provozních a poruchových stavů technologického okruhu zařízení. Signály vystupující z regulátorů pohání servopohony akčních členů a řídí jednotlivá zařízení. Počet vstupů a výstupů regulátoru může být rozšířen pomocí expanzních modulů, které mohou být vzdáleny od vlastních regulátorů až 1000m a jsou připojeny na interní sériovou komunikační sběrnici (omezuje kabeláž při potřebě ovládní zařízení umístěného, mimo strojovny ve kterých jsou uvažovány rozvaděče a regulátory).

Uživatelské programové vybavení regulátorů řeší algoritmy řízení dané technologie. V regulátoru je zakomponován modul reálného času, kvůli definování časových plánů ovládní technologie. Uložená data v regulátoru se zálohují, aby nedošlo k jejich ztrátě při výpadku napájení. Výstupy z regulátorů je možno ručně ovládat pomocí panelu prvků pro ruční ovládní, avšak ovládní musí být zabezpečeno proti neoprávněné manipulaci.

Komfort prostředí v místnostech a prostorových sekcích kanceláří je zprostředkován pomocí zónových regulátorů pro řízení parapetních nebo podstropních fancoilů či chladících stropů. Pomocí těchto regulátorů a prostorových ovládacích modulů rozmístěných v určitém prostoru můžeme udržovat předem nastavené parametry prostředí. U regulátoru je kladen důraz na autonomní funkci, aby z důvodu přerušení komunikace s řídicími moduly pokračovalo dále řízení technologie podle předdefinovaného lokálního algoritmu. [5][3]

### 2.3.2 Nadřazená automatizační úroveň

Řídicí prvky využívají operační systém, který pracuje v reálném čase. Řídí činnost veškerých komunikujících komponentů, které se v daném poli nacházejí a zabezpečují komunikaci procesních regulátorů. Síťový modul má pravomoc převzít integraci jiných systémů jako jsou např. zabezpečovací systém, kontrola přístupu, požární signalizace a regulátory jiných dodavatelů. Síťové řídicí jednotky zabezpečují.

- Realizaci komplexních časových programů (pravidelné, sváteční, alternativní, dočasné)
- Sběr dat (historie bodu, trendy)
- Omezování spotřeby a přesouvání zátěže
- Optimální spouštění a odstavování zařízení tak, aby v určenou dobu bylo dosaženo komfortních parametrů prostředí
- Komunikaci v rámci automatizační úrovně a komunikaci se zařízeními pro styk s obsluhou [5]

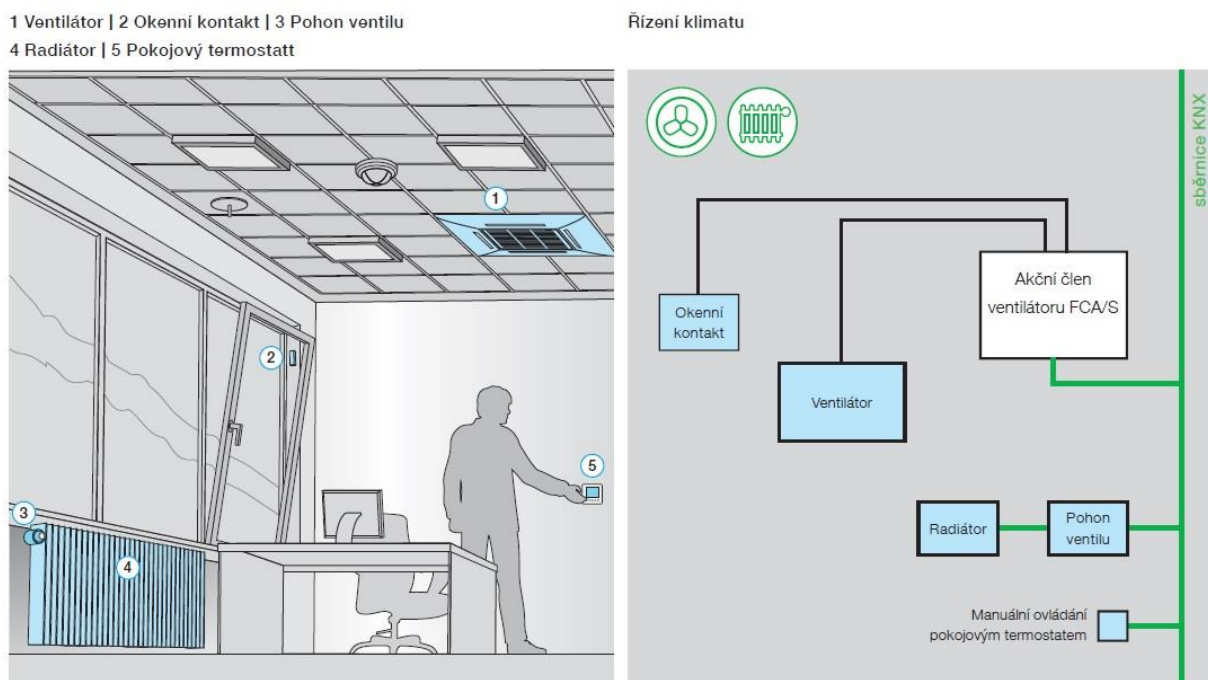
### 2.3.3 Úroveň správy informací- operátorská pracovní stanice

Hlavním důvodem pracovní stanice je předávání zpracovaných informací obsluze o řízeném objektu. Základními funkcemi stanice jsou.

- zobrazení jednotlivých oblastí objektu formou dynamizované barevné grafiky
- zobrazování textových informací o stavu řízené technologie
- automatická alarmová hlášení s rozlišeným stupněm priority

- možnost doplnění alarmové zprávy informací o posloupnosti činností vedoucích k vyřešení problému, automatické přepnutí do grafického režimu se zobrazením příslušné lokality
- několika úrovněvý systém hesla umožňující rozlišit přístupová práva pro jednotlivé operátory
- komunikace a obsluha v českém jazyce s možností přechodu podle zadaného hesla i do jiného jazyka

V objektu lze nasadit několik operátorských stanic, většinou na základě rozsáhlosti objektu. Je možné definovat rozsah přístupů jednotlivých stanic k dané řízené technologii. Programy s dynamickým přístupem k datům nám umožňují získat informace z komunikační sítě řídicího systému budovy (BAS – Building Automation System). [5]



Obr. 2-5 Princip funkce řízení klimatu s použitím sběrnice KNX [11]

## 2.4 Elektronická požární signalizace (EPS)

Účelem elektronické požární signalizace (EPS) je detekování nebezpečí požáru v co nejkratším intervalu od vzniku. První příznak nebezpečí vzniku požáru bývá ve většině případů kouř, který předchází zvýšené teplotě a je také největším rizikem ohrožení osob.

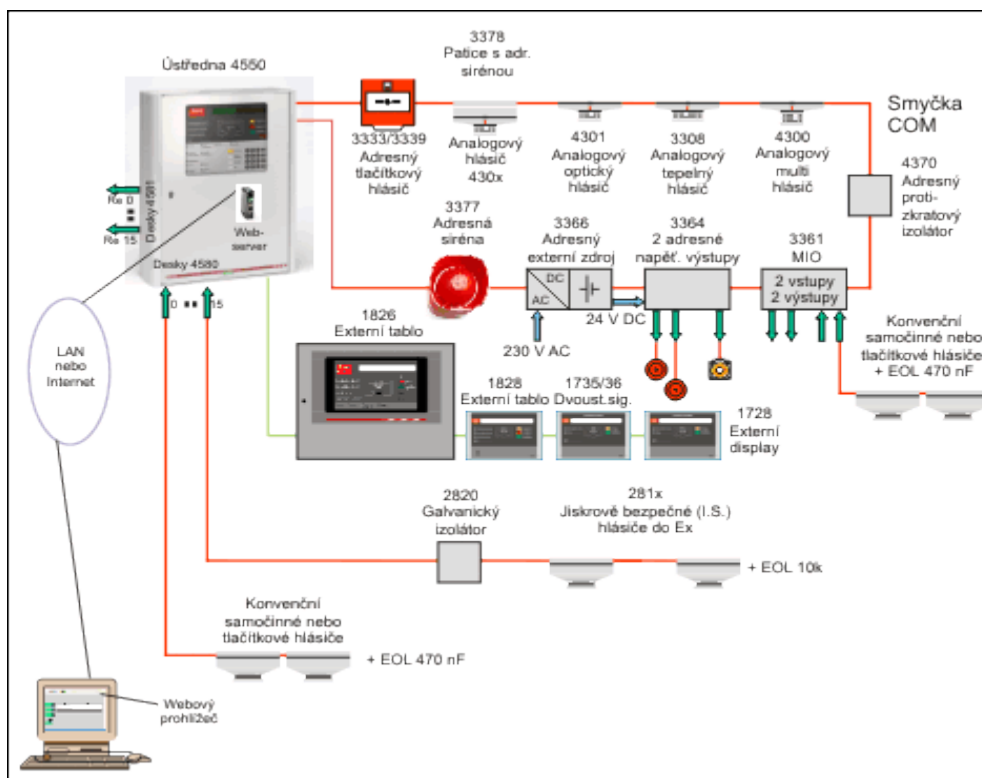
Detektory se podle principu své činnosti dělí na tři základní skupiny:

- Ionizační- detekce rychle se rozhořivajících požárů, které jsou charakteristické hořícími částicemi o rozměrech 0,01 – 0,03 mikrometrů.
- Fotoelektrické- detekce požárů vyznačujících se pomalu doutnajícím ohněm s kouřovými částicemi o rozměrech 0,3 – 10 mikrometrů. Stejný princip využívají laserové detektory s tím, že jejich citlivost je asi 50x větší.
- Termické- reakce na zvýšenou teplotu.

Na trhu jsou k dostání také kombinované detektory spojující ionizační, fotoelektrický a termický detektor v jednom zařízení. Poslední dobou jsou nejoblíbenější detektory ty, které

k vyhlášení poplachu vyhodnocují jednak okamžitou hodnotu sledované veličiny a jednak její průběh. V největší míře jsou používané systémy EPS, které jsou adresovatelné analogové systémy, které se vyznačují následujícími výhodami. [5]

- Každý z detektorů je individuálně adresovatelný pro snadnou lokalizaci místa odkud poplachové hlášení přišlo.
- Citlivost detektoru je možné zvýšit, jestliže sledovaný prostor není obýván (noční hodiny). Při obsazeném prostoru lidmi se ve vzduchu může vyskytovat zvýšená koncentrace prachu, což může být jednou z příčin falešného poplachu.
- Klasický typ detektoru nerozpozná rozdíl mezi částicemi prachu a kouřovými částicemi, což může být příčinou falešného poplachu. Z tohoto důvodu moderní detektory měří průměrnou hodnotu výskytu prachu v prostoru, kde je detektor nainstalován a tuto hodnotu bere jako základní úroveň pozadí a na základě této hodnoty vyhodnocuje nebezpečí vzniku požáru. Jestliže se hodnota základní úrovně v průběhu času zvyšuje, signalizuje to zanešení detektoru nečistotami a je nutné detektor vyčistit
- Snižít riziko falešných poplachů je možné tím, že je nutné, aby požár ohlásily minimálně dva detektory. Zde bývá využito citlivějších detektorů pro rychlejší signalizaci.
- Automatická indikace zanesení detektorů nám umožňuje individuální čištění jednotlivých čidel a není tedy nutná periodická údržba všech čidel, která vychází z nejkratšího intervalu u nejrychleji se zanášejícího čidla.



Obr. 2-6 Příklad schématu zapojení EPS. Systém EBL128 od firmy Panasonic[6]

V případě indikace požáru provede systém požární signalizace pomocí ostatních subsystémů budovy následující kroky.

1. Spuštění varovných signálů (optické, akustické) v rizikových oblastech a řídicím centru.
2. Telefonické informování hasičského sboru o vyhlášení poplachu, pomocí automatického vytáčení. (V některých případech nutné potvrzení poplachu obsluhou).
3. Výstražná hlášení a pokyny k evakuaci v přímo ohrožených a sousedních prostorech.
4. Odblokování únikových východů.
5. Zabezpečení požárního režimu provozu výtahů a eskalátorů.
6. Vypnutí předem určených technologických zařízení, zapnutí požární ventilace, aktivaci požárních klapek mezi jednotlivými ohroženými úseky.
7. Spuštění CCTV kamer v ohrožených prostorách.

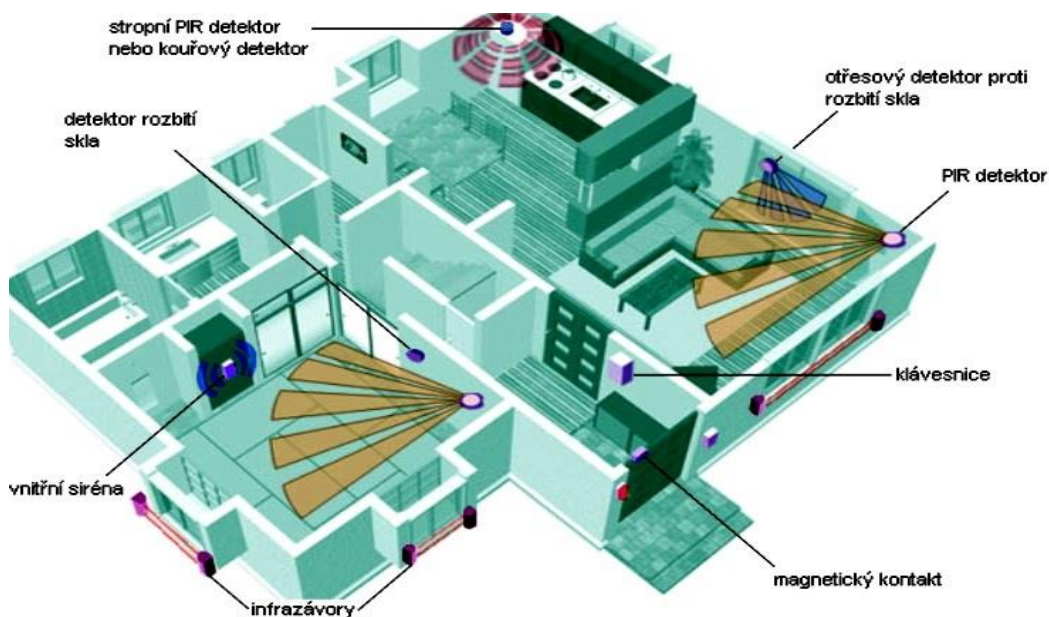
Na monitorech řídicího centra může být zároveň zobrazen půdorys s označením místa požárního poplachu společně s dalšími užitečnými informacemi, jako jsou např. stavy požárních klapek, požárních dveří, pozice výtahů a teploty v daných prostorách. [5]

## 2.5 Zabezpečovací a přístupový systém

Jedná se o systémy elektronické zabezpečovací signalizace (EZS), které jsou určeny k ochraně majetku, osob a informací. Zjišťují a signalizují jakýkoliv pokus vniknutí nepovolané osoby do sledované oblasti a popř. sledují její pohyb. Pro plnění těchto funkcí se využívají senzory, které jsou založeny na různých principech.

- Infrapasivní detektory- vysílají signál při zaznamenání tělesa vyzařující infračervené záření.
- Detektory rozbití skla- vyhodnocují akustické signály, zvukové a tlakové vlny charakteristické při tříštění skla.
- Kouřové detektory- analyzují strukturu plynů, detekují změny charakteristické při vzniku požáru.
- Přerušování světelného nebo infra paprsku.
- Magnetické kontakty na oknech a dveřích.
- Tísňová tlačítka pro přivolání pomoci

Výstupem čidel jsou půdorysné nákresy zobrazené v centrálním pracovišti doplněné zvukovými a textovými hlášeními společně s podrobnějšími informacemi. Ústředny EZS bývají vybaveny komunikátory pro dálkové napojení s ostrahou. EZS může spolupracovat s kamerovým systémem uzavřeného televizního okruhu. Systém elektronické zabezpečovací signalizace bývá často kombinován s přístupovým systémem, který plní funkci řízení přístupu osob do jednotlivých zón. Každá osoba má svůj identifikační prvek (magnetická karta, číselný kód). Systém zabezpečuje monitoring osob pohybujících se v objektu a případné vyhlášení poplachu při neoprávněném vniknutí. Vzhledem k tomu, že každá osoba je jednoznačně identifikovaná díky individuálnímu kódu, propojuje se systém s dalšími funkcemi jako jsou např. vyhodnocení docházky, organizace parkování, využívání kopírovacích zařízení, bezhotovostní úhradu za stravování apod. Příklad realizace EZS je uveden na Obr. 2-7 [5]



Obr. 2-7 Příklad rozmístění prvků EZS [7]

## 2.6 Uzavřený televizní okruh (CCTV)

Jinými slovy průmyslová televize monitoruje prostory pomocí kamer, přenáší a zaznamenává signál pro další zpracování. Při návrhu uzavřeného televizního okruhu se bere v potaz několik faktorů po jejichž zhodnocení se volí nejvhodnější prvky.

- Typ kamery- černobílé nebo barevné, polohovatelnost kamery, zoom
- Typ snímaného prostředí
- Podmínky provozu- světelné podmínky, vliv počasí, možnost poškození
- Kvalita výstupu a typ ukládání dat

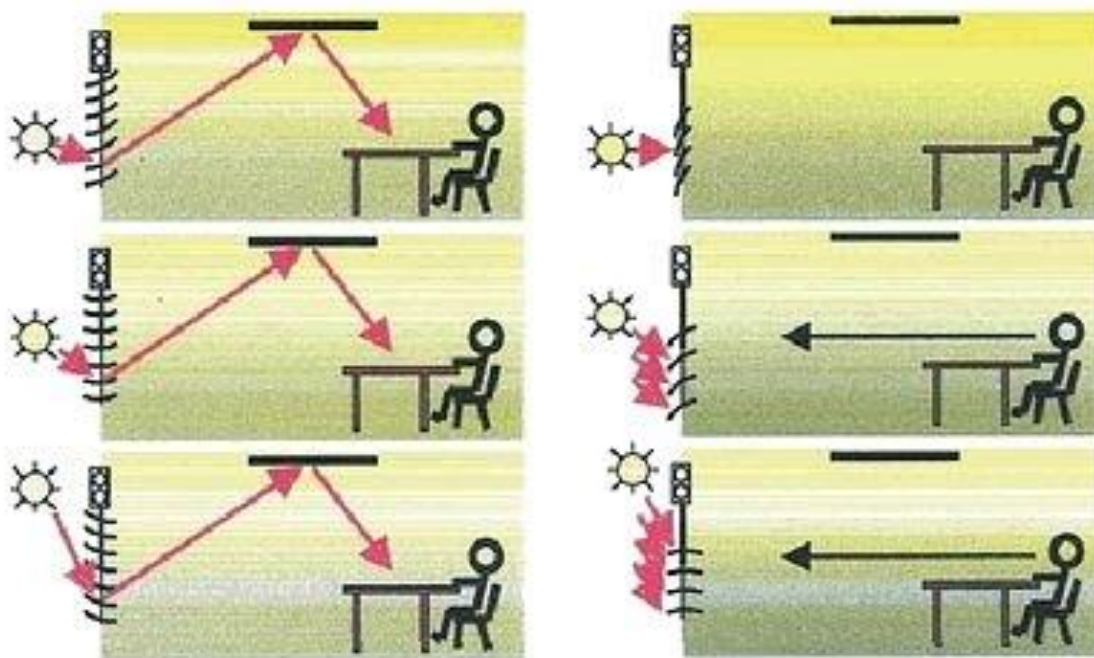
Kamery je možno instalovat na pevné či pohyblivé držáky. V případě potřeby můžeme kamery vybavit kryty, které chrání kameru před klimatickými vlivy a před poškozením. Signály jsou zpracovány a zobrazeny na monitorech a pomocí zařízení pro digitální zpracování signálu tkz. multiplexery lze zobrazovat obraz z několika kamer na jednom monitoru. CCTV bývá integrací spojen se systémem zabezpečovací signalizace a přístupovými systémy.[8]



Obr. 2-8 Schéma zapojení uzavřeného televizního okruhu CCTV [9]

## 2.7 Řízení osvětlení a ovládání žaluzii

Pro vytvoření komfortního pracovního prostředí je nezbytně nutné správné osvětlení. Ergonomické standardy nejsou dostačujícím faktorem pro splnění tohoto požadavku a je tedy nutné plnit další individuální a proměnlivé požadavky jednotlivých osob, což je úkolem systémů řízení osvětlení a ovládání žaluzii. Osvětlení chodeb, schodišť a dalších prostor, které bývá rozděleno z pravidla do několika okruhů může být automaticky ovládáno pomocí předem nastavených časových programů s ohledem na intenzitu denního světla a program na úsporu energie. Základem pro možnost řízení osvětlení je vybavení příslušných napájecích vývodů v rozváděcích spínacích prvky. Rozmístění a počet svítidel budovy musí být stejně jako zapojení rozváděče zabezpečeno v příslušném projektu. Z pravidla osvětlovací systémy inteligentních budov bývají navrženy a realizovány specializovanými firmami a vybaveny vlastním řídicím systémem integrovaným do řídicího systému budovy. Velice efektivní metodou osvětlování budovy jsou komplexní řešení řízení budovy spojující regulaci osvětlení a ochranu proti oslnění s maximálním využitím denního světla. Okna v místnostech jsou vybavena žaluziemi, s natáčivými lamelami. Ty jsou nastavovány pomocí servopohonů do požadovaného úhlu, vypočítaného pomocí programu řídicího systému na základě polohy slunce v aktuálním čase. Horní část žaluzie je nastavena tak, aby odrážela světlo na odraznou plochu na stropu místnosti, která odráží rozptýlené světlo směrem na pracovní plochu, aby rovnoměrně osvětlovalo místnost. Dolní část rolety zabraňuje přímému prostupu světla, aby nedocházelo k oslnění pracovníka.



Obr. 2-9 Nastavení rolet při denním svitu [8]

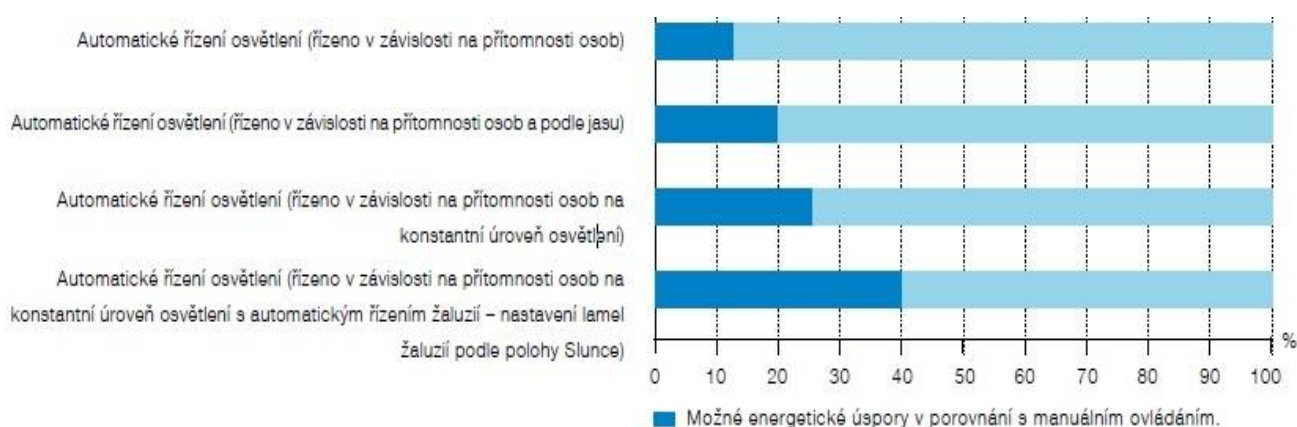
Program řídicího systému vypočítává polohu slunce a úhel dopadu světla pro každé okno zvláště vzhledem k zeměpisné poloze objektu a aktuálnímu datu. Ve výpočtu jsou zahrnuty další faktory ovlivňující kvalitu osvětlení jako je zastínění ostatními budovami. Abychom dosáhli nejlepšího nastavení lamel jsou servomotory vybaveny snímači signalizujícími aktuální polohu. Nastavování polohy lamel je v řídicím centru a spolupracuje s řízením umělého osvětlení, ovládáním otevírání oken a řízením klimatizace.

Uživatel může ovládat všechny funkce pomocí multifunkčního ovladače s displeji, umístěným obvykle na stěně vedle vstupních dveří. Display slouží zároveň jako čidlo prostorové teploty.

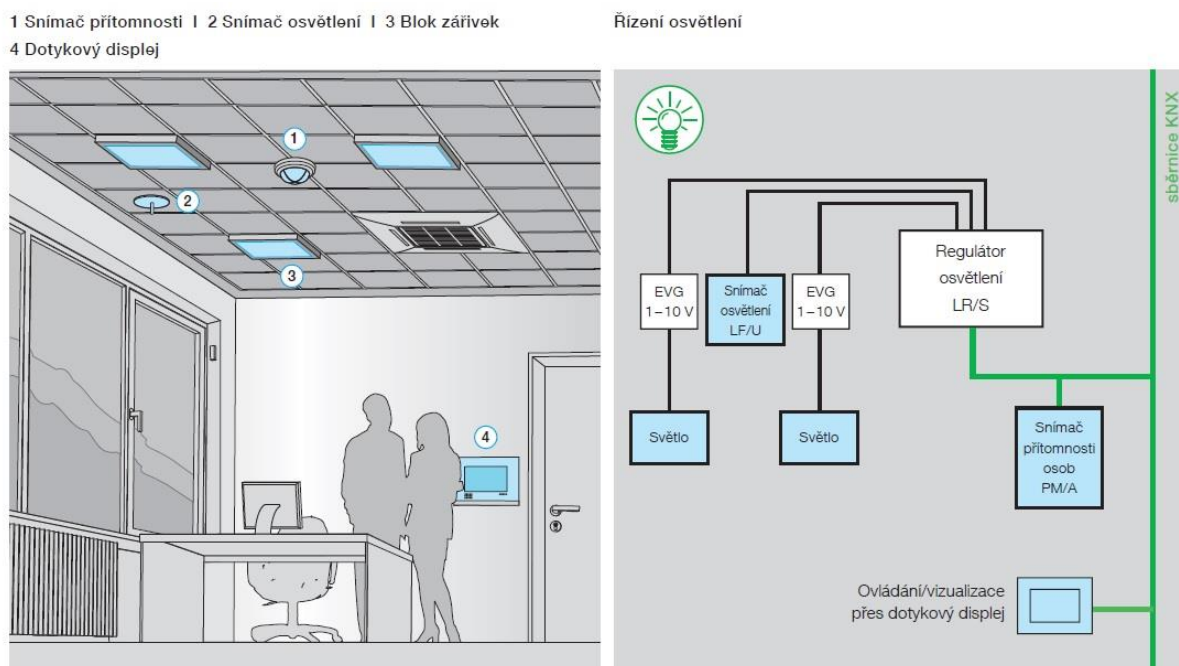


Pomocí menu si může uživatel vybrat mezi manuálním a automatickým režimem, popřípadě zvolit jeden z přednastavených režimů dle pracovní aktivity (Scény). Multifunkční ovladač bývá pro větší komfort doplněn dálkovým ovládáním a uživatel je schopen ovládat parametry od pracovního místa.

Pro získávání údajů o vnějších podmínkách je využívána sensorová jednotka, zajišťující informace o venkovní teplotě, síle a směru větru a dešťových srážkách. Jednotka je vybavena také přijímačem časového signálu. Výstupy ze sensorové jednotky jsou využity při korekci nastavených hodnot řídicího systému. Tento způsob řízení bývá realizován pomocí technologie LONWorks, ta umožňuje propojení všech komponent od různých výrobců do jedné homogenní řídicí sítě propojené jednou komunikační sběrnici. Správným nastavením regulace dosáhneme velmi vysoké kvality osvětlení daných prostor a zároveň výrazně šetří investiční a provozní náklady. [8]



Obr. 2-10 Potenciální úspory energie potřebné ke svícení při použití automaticky řízeného osvětlení [10]



Obr. 2-11 Princip funkce řízení osvětlení s požitím sběrnice KNX [11]

## 2.8 Princip systémové elektroinstalace

Postupem času rostou nároky na elektrickou instalaci a tím se čím dál více komplikují klasické vnitřní elektrické obvody. Vysoké požadavky na úroveň komfortu a na velký počet náročných funkcí nutných k řízení provozu jednotlivých místností a celého objektu naráží na hranice možností klasických elektrických elektroinstalací. Z tohoto důvodu se již desítky let vyvíjí různé řídicí systémy, jejichž účelem je co nejefektivněji využívat energii při maximálním komfortu. Výsledkem je celá řada různých řídicích systémů využívajících centralizovaný nebo decentralizovaný způsob řízení některých nebo všech funkcí dané budovy.

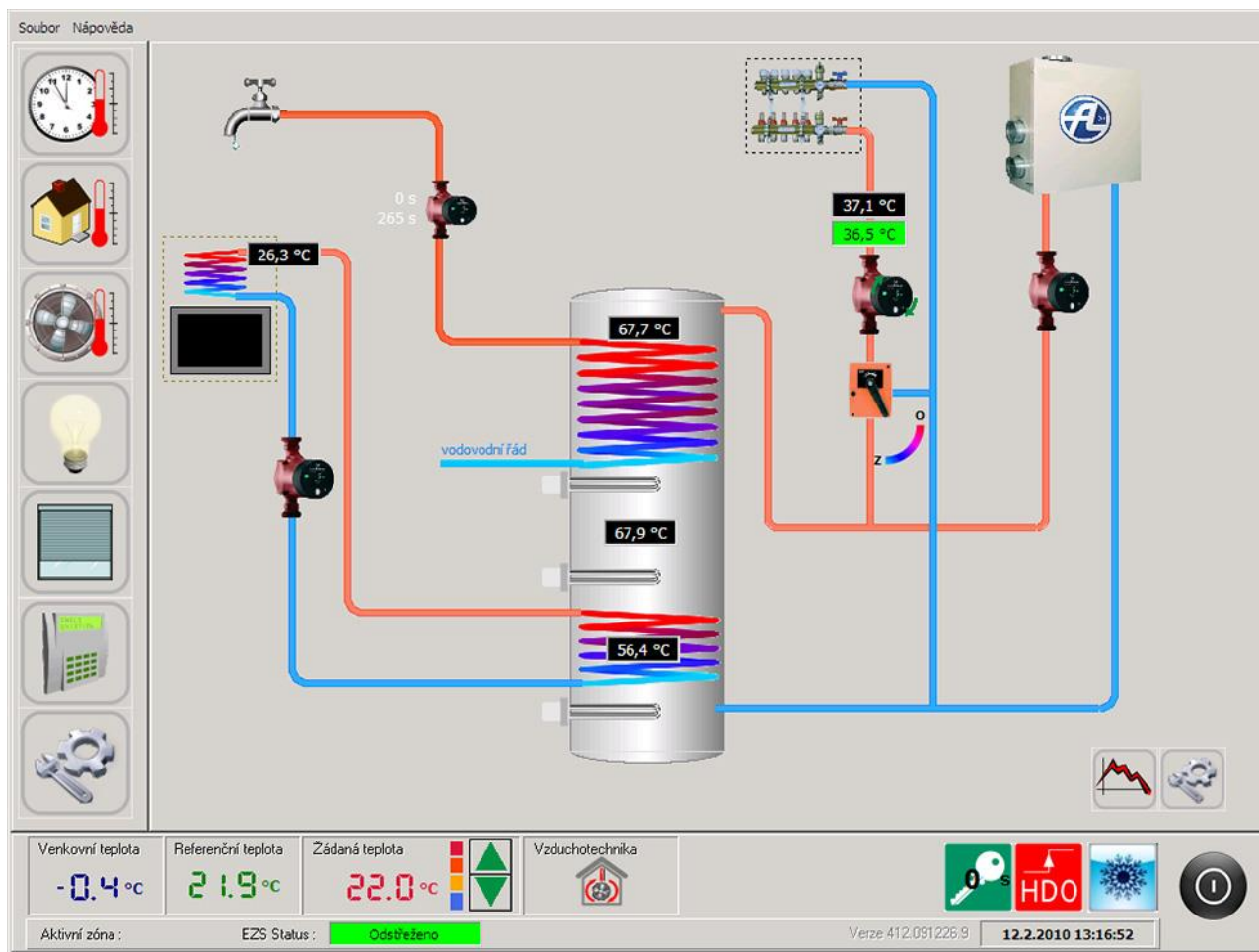
Z toho vyplynuly značné změny v projektování i montáži elektrických zařízení. Místo přímého silového ovládání spotřebičů se přešlo na předávání informací po sběrnících, což znamenalo změnu ve způsobu ukládání silových vedení a také množství silových vedení. Do rozvaděčů je nutné i nadále instalovat nadproudové ochrany, přepět'ové ochrany, přepět'ové chrániče a další podobné prvky, ale místo stykačů a ostatních spínacích prvků musí být osazeny speciálními prvky, jako jsou akční členy, systémové a podpůrné přístroje. Také v klasické instalaci mohou být použity různé elektronické přístroje a systémy pro specializované řízení většinou úzkého okruhu funkcí. Každý takový systém bývá navržen tak, aby umožňoval co nejkomfortnější ovládání a největší možnou úsporu energie. Z toho plyne, že klasická instalace není pouze použití elektromechanických spínačů sloužících pro ovládání osvětlení a zásuvkové okruhy, ale využívá také celou škálu specializovaných řídicích systémů, z nichž každý slouží pro řízení určitého elektrického oboru funkcí. Tzn. jeden systém slouží pro řízení žaluzií další pro řízení osvětlení, třetí pro řízení vytápění apod. I ve stavu, kdy použijeme ty nejmodernější lokální řídicí systémy, tak nedosáhneme maximálních provozních úspor, jelikož tyto systémy nejsou mezi sebou spojené, tudíž nedochází k výměně informací o aktuálních stavech a tudíž dochází k neefektivnímu využití energie. Oproti tomu v systémových instalacích je zajištěn jak komfort, tak ovládání veškerých funkcí a zároveň vzájemná komunikace mezi jednotlivými systémy a tím pádem mohou spolu systémy spolupracovat. Z praktických příkladů, kde jsou ve stejné lokalitě dva stejné domy, v jednom je klasická elektroinstalace a ve druhém je využita systémová instalace plynou reálné úspory na spotřebě energie až 35%. [19]

## 2.9 Vizualizace

Vizualizace slouží k zobrazování reálných dat rodinného domu, pomocí online aplikace. K web serveru jsou připojeny pomocí sítě Ethernet grafické panely, na kterých je zobrazen webový prohlížeč. Datový server, který komunikuje s řídicím systémem je zdrojem dat pro vizualizaci a monitoring. Sledované oblasti jsou:

- Osvětlení (interiérové, exteriérové)
- Systém vytápění
- Klimatizace místností
- Ohřev TUV
- Ohřev vody v bazénu
- Měření kvality vody v bazénu
- Elektronický zabezpečovací systém
- Rolety
- Garážová vrata
- Solární systémy
- Systém zdrojů energie

Příklad vizualizace vytápění je zobrazen na Obr. 1-12.



Obr. 2-12 Příklad vizualizace vytápění

## 2.10 Building automation system (BAS)

BAS je nejrozsáhlejší systém z automatizačních systémů budovy a zabezpečuje nám ovládání a sledování stavu základního technologického zařízení budovy:

- centrálních zdrojů tepla a chladu - kaskádní řazení jednotlivých částí zdrojů tak, aby byla zajištěna odpovídající odezva budovy na změnu vnějších podmínek současně se snižováním nároků na spotřebu energie
- vzduchotechnických jednotek, zařízení pro úpravu vzduchu v jednotlivých prostorech (fancoily, VAV boxy, chladicí stropy) a samostatných přívodních nebo odtahových ventilátorů - využití nočního vychlazení pro klimatizaci budovy, vypínání vzduchotechniky či využití stand-by režimu v mimopracovní době s automatickým přechodem na komfortní parametry při déletrvajícím pobytu osob vyhodnoceném přístupovým systémem v daném prostoru.
- osvětlení (např. časové programy pro osvětlení komunikací a společných prostor)
- energočást objektu - většinou monitorování stavu, vlastní řízení energočásti (přepínání přívodů a transformátorů, řízení diesel-generátorů a UPS)
- zdravotní technika - většinou monitorování stavu čerpadel, případně ovládání cirkulačních čerpadel TUV podle časových programů

- výtahy a eskalátory - mívají vlastní PLC kontrolér, řídicí systém zajišťuje informaci o chodu a poruše zařízení [5]

Důraz je kladen na zpracování dat takovým způsobem, aby nebyl obsluhující personál zatěžován rutinními záležitostmi, ale aby byl v čas varován na vybočení parametrů z normálního stavu. Priority hlášení jsou rozděleny do několika úrovní podle důležitosti, aby bylo možné se věnovat vždy nejdříve těm nejdůležitějším oblastem řízené technologie. Uložená data vybraných datových bloků slouží pro vyšetření příčiny vedoucí k nestandardním stavům.[5]

### 3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST A EFEKTIVNOST BUDOV

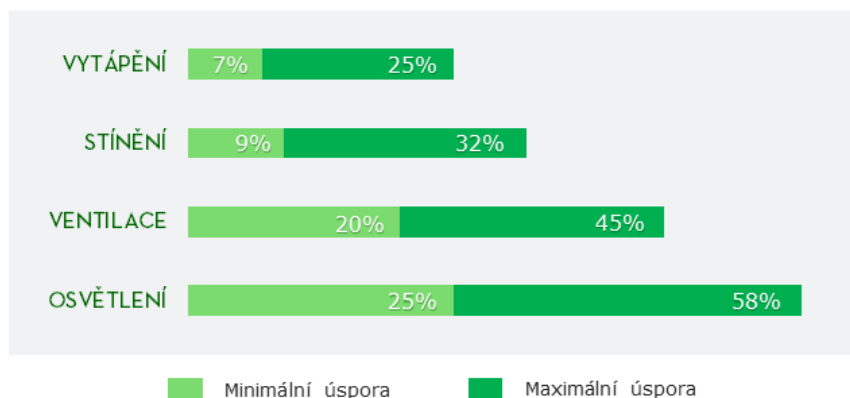
Jedním z hlavních cílů inteligentních budov je úspora energií. Optimalizací energetické účinnosti rozumíme.

- Spotřebovávání energií pouze v okamžiku, kdy ji potřebujeme.
- Spotřebovávání jen skutečně nutného množství energie
- Spotřebovanou energii využíváme s nejvyšší možnou účinností

Projekce budov, využívajících inteligentní a vzájemně propojené technické systémy budov jako jsou vytápění, větrání, chlazení, klimatizace, osvětlení a příprava teplé vody významně přispívá k efektivnějšímu využívání energie způsobem, který pokrývá pouze aktuální požadavky. Standardem pomocí kterého realizujeme tyto požadavky se stala sběrníková technologie KNX díky které můžeme dosáhnout až dvojciferných procentuálních úspor (Obr. 3-1)

Provoz budov je vedle dopravy a průmyslu největším spotřebitelem energie. V technologicky vyspělých státech je spotřeba topení, chlazení a osvětlení obytných a nebytových budov okolo 40% z celkové spotřebované energie, což je nezanedbatelný podíl a vyžaduje velkou pozornost. V roce 2002 byla na evropské úrovni vydána směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/91/EC o energetické náročnosti budov, ve které je hlavním požadavkem snížení spotřeby energie v budovách. Pro její implementaci byla vydána řada evropských norem, jako hlavní je považována norma EN 15232 Energetická náročnost budov- vliv automatizace, řízení a správy budov (viz. níže). V roce 2010 byla přepracována a schválena směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, která dále zpřístupňuje požadavky na energetickou náročnost budov. [10]

Již od roku 2013 musí členské státy EU zajistit minimální požadavky na energetickou náročnost budov. To platí také pro budovy, procházející větší rekonstrukcí. Dále pak od roku 2019 budou muset být všechny nové budovy užívané a vlastněné orgány veřejné moci budovami s téměř nulovou spotřebou energie. Od roku 2021 bude tento požadavek platit pro všechny nové budovy. V ČR se přísnějšími požadavky na nové budovy nebudou řídit až od roku 2019 resp. 2021 ale bude zvoleno postupné zavádění do praxe. První vlna zpřísnování požadavků přijde již v roce 2015. Při výstavbě, prodeji či pronájmu budovy bude vydán certifikát o energetické náročnosti. Ve veřejných budovách bude certifikát vystaven na nápadném místě. Certifikát musí získat a vystavit také orgány veřejné správy, jejichž budovy jsou často navštěvované veřejností s celkovou užitkovou podlahovou plochou nejméně 500 m<sup>2</sup> a od července 2015 již od 250 m<sup>2</sup>. Certifikát musí obsahovat energetickou náročnost budovy (celková vypočtená roční dodaná energie v GJ potřebná pro vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, osvětlení a přípravu teplé vody), referenční hodnotu (minimální požadavky) a doporučení na snížení energetické náročnosti. [10]



Obr. 3-1 Garantovaná minimální a maximální úspora energie inteligentní budovy v porovnání s klasickou budovou [10]

### 3.1 Evropská norma EN 15232

Současný světový trend je charakterizován podporou energeticky účinných technologií. Evropská norma EN 15232 (energetická náročnost budov- vliv automatizace, řízení a správy budov) byla zpracována v úzké návaznosti na evropskou směrnici 2002/91/EC o energetické náročnosti budov. Norma uvádí metody pro vyhodnocení vlivu automatizace budov a technického řízení budov na spotřebu energie budov.

Na základě toho byly zavedeny čtyři třídy energetické účinnosti (A až D) Tab. 3-1. V momentě kdy je budova vybavena systémy automatizace a řízení, je přiřazena k jedné z těchto tříd. Potenciální úspory tepelné a elektrické energie je možno vypočítat pro každou z těchto tříd podle typu budovy a jejího účelu. Hodnoty energetické třídy C jsou využívány jako referenční hodnoty pro porovnání účinnosti. [10]

Tab. 3-1 Rozdíly ve spotřebě energie tříd A, B, D v porovnání se základní třídou C [10]

Automatizace a řízení budov - třídy účinnosti podle EN 15232	Činitel účinnosti pro tepelnou energii			Činitel účinnosti pro elektrickou energii		
	kancelář	škola	hotel	kancelář	škola	hotel
<b>A</b> Systém automatizace a řízení budovy (BACS) s vysokou energetickou účinností a vysoce výkonným systémem technické správy budovy (TBM)	0,70	0,80	0,68	0,87	0,86	0,90
<b>B</b> Pokročilý BACS a TBM	0,80	0,88	0,85	0,93	0,93	0,95
<b>C</b> Standartní BACS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>D</b> BACS bez funkce energetické účinnosti	1,51	1,20	1,31	1,10	1,07	1,07

Tab. 3-1 popisuje rozdíly ve spotřebě energie mezi třemi typy budov rozdělených do tříd energetické účinnosti A, B, D a jejich porovnání s referenčními hodnotami třídy C. Při uplatňování normy EN 15232 na projekty rekonstrukcí se známou spotřebou energie lze snadno spočítat úspory, které může navrhovaná investice přinést. Pokud majitel zajistí přesun budovy z třídy účinnosti C do A, podle normy dojde ke 30 % snížení spotřeby energie na vytápění (0,7 násobek) a ke 13% snížení spotřeby energie na elektroinstalaci (0,87 násobek). V případě nákladů na vytápění ve výši 10 000 EUR na topnou sezónu tedy úspory činí přibližně 3 000 EUR za rok. U nákladů na elektroinstalaci ve výši 25 000 EUR lze dosáhnout úspory přibližně 3 250 EUR za rok. Taková renovace obvykle zahrnuje rozsáhlé úpravy a to zejména v následujících oblastech.

- **Automatizace místností (vytápění/chlazení)**  
náhrada termostatických ventilů propojenými ovladači pro jednotlivé místnosti, které předávají požadavky zařízení pro výrobu tepelné energie (kotel, chladič), například se může jednat o systém CentraLine Serval ve spojení se zařízeními CentraLine Lion nebo Tiger
- **Automatizace dodávky tepelné energie (výroba a rozvod tepelné energie pro vytápění a chlazení)**  
Požadavky spotřebitelů na dodávku tepla (vytápěcí okruhy) musí být předávány do zařízení pro výrobu tepelné energie (kotle, chladiče). Je třeba implementovat optimální funkce pro spuštění/zastavení, použít čerpadla s proměnlivými otáčkami a řídit výrobu energie podle úrovně účinnosti
- **Klimatizace**  
Mezi klíčová slova patří řízení v závislosti na zátěži, kompenzace venkovní teploty entalpie a řízení vlhkosti.
- **Osvětlení**  
V této oblasti se pozornost soustředí na automatickou detekci přítomnosti a automatické ovládání osvětlení
- **Vylepšení technického zabezpečení budov**  
Zjišťování chyb v systému automatizace budov, monitorování spotřeby energie a vnitřních podmínek.

Při mnoha rekonstrukcích je nutné stávající systém automatizace budov vyměnit za nový systém, který poskytuje výše popsané doplňkové funkce. Do nových budov by se měly instalovat systémy automatizace budov, které lze rozšířit, a které tak umožňují snadné začlenění případných budoucích přístaveb. Při zvážení všech zúčastněných faktorů účinnosti nabízí výsledek značný potenciál úspory energie. V případě kanceláří (jak ukazuje výše uvedený příklad) lze snížením spotřeby tepelné energie dosáhnout až 30% úspor. V jiných situacích, kde hraje větší roli klimatizace (např. v přednáškových sálech nebo supermarketech) mohou za předpokladu, že lze přesně určit optimální zátěž řízení kvality vzduchu, úspory ještě stoupnout (až na 50%).

S využitím normy EN 15232 je možné odhadnout energetickou účinnost, jíž lze dosáhnout prostřednictvím systému automatizace budov a technického zabezpečení budov. Zjednodušená metoda neposkytuje přesné výpočty, ale přináší dobrý přehled o výhodách, které lze očekávat od modernizace řídicího systému. Umožňuje uživatelům a majiteli budov vyhodnotit aktuální míru účinnosti řídicích systémů. Pomocí faktorů účinnosti může majitel budovy vypočítat očekávanou ziskovost investice do modernizace systémů automatizace budov. Zjednodušený systém však nepokrývá všechny aspekty využití budovy. Důležité jsou i obecnější vstupní parametry, jako je například volný výběr období využití, zóny využití a procento funkčního pokrytí z hlediska počtu místností. Moderní systémy automatizace budov obsahují všechny funkce, které jsou nezbytné

pro zařazení budovy do třídy A. Z tabulek vyplývá obrovský potenciál pro renovaci a modernizaci stávajících budov a výhody výstavby budov nových

Tab. 3-2 Seznam funkcí a přiřazení do tříd energetické účinnosti (Výtah z tabulky 1 normy EN 15232 [10])

	<b>Řízení topení/chlazení</b>	<b>Ventilace/řízení klimatizace</b>	<b>Osvětlení</b>	<b>Ochrana proti slunečnímu záření</b>
<b>A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Individuální řízení jednotlivých místností s komunikací mezi kontroléry</li> <li>-Vnitřní měření teploty pro řízení teploty ve vodovodní distribuční síti</li> <li>-Úplné vzájemné blokování mezi řídicím systémem vytápění a chlazení</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Řízení proudění vzduchu v místnostech v závislosti na požadavku nebo přítomnosti osob</li> <li>-Nastavení teploty s kompenzací teploty dodávaného vzduchu</li> <li>-Řízení vlhkosti vstupujícího a vystupujícího vzduchu v místnosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Automatická detekce přítomnosti manuální a automatické zap./stmívání</li> <li>-Automatická detekce přítomnosti osob, manuální a automatické zap./vyp.</li> <li>-Automatické řízení denního světla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kombinované řízení osvětlení/žaluzii/topení/větrání/klimatizace</li> </ul>
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Individuální řízení jednotlivých místností s komunikací mezi kontroléry</li> <li>-Vnitřní měření teploty pro řízení teploty ve vodovodní distribuční síti</li> <li>-Částečné vzájemné blokování mezi řídicím systémem vytápění a chlazení (Nezávislé na systému HVAC= topení, větrání, klimatizace)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Časově závislé řízení proudění vzduchu v jednotlivých místnostech</li> <li>-Nastavení teploty s kompenzací teploty dodávaného vzduchu</li> <li>-Řízení vlhkosti vstupujícího a vystupujícího vzduchu v místnosti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Automatická detekce přítomnosti manuální a automatické zap./stmívání</li> <li>-Automatická detekce přítomnosti osob, manuální a automatické zap./vyp.</li> <li>Manuální řízení denního světla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Motorické ovládání s automatickým řízením žaluzii</li> </ul>
<b>C</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Individuální automatické řízení jednotlivých místností termostatickými ventily, nebo elektronickým řídicím systémem</li> <li>-Kompenzované řízení teploty ve vodovodní distribuční síti podle venkovní teploty</li> <li>-Částečné vzájemné blokování mezi systémem řízení topení/chlazení (Závislé na systému HVAC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Časově závislé proudění vzduchu v jednotlivých místnostech</li> <li>-Konstantní nastavení teploty vzduchu</li> <li>-Omezení vlhkosti vstupujícího vzduchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manuální řízení denního světla</li> <li>-Manuální spínač zap./vyp. + přídatný signál pro rychlé zhasnutí</li> <li>-Manuální spínač pro zapnutí/vypnutí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Motorické ovládání s manuálním ovládáním žaluzii</li> </ul>
<b>D</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Žádné automatické řízení</li> <li>-Žádné řízení teploty vody v distribuční síti</li> <li>-Žádné vzájemné blokování mezi systémem řízení vytápění/chlazení</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Žádné řízení proudění vzduchu v jednotlivých místnostech</li> <li>-Žádné řízení teploty vstupujícího vzduchu</li> <li>-Žádné řízení vlhkosti vzduchu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manuální řízení denního světla</li> <li>Manuální spínač pro zapnutí/vypnutí + přídatný signál pro rychle zapnutí</li> <li>-Manuální spínač pro zapnutí/vypnutí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Manuální ovládání žaluzii</li> </ul>



### 3.2 Tarify a sazby elektřiny

Koncový zákazník odebírá elektrickou energii od vybraného dodavatele v rámci produktu, který je buď jednotarifový, nebo dvoutarifový. Jednotarifová sazba znamená, že cena elektřiny je v průběhu 24 hodin konstantní zatímco dvoutarifní sazba nám nabízí během dne různou cenu v průběhu dne. Střídá se vysoký tarif, u kterého platíme vyšší cenu a nízký tarif kdy za elektřinu platíme méně.

Jestliže chce zákazník získat možnost využívat dvoutarifní sazby je podmínkou aby objekt vytápěl pomocí elektrické energie (tepelné čerpadlo, přímotopy) nebo využíval akumulární zařízení pro ohřev TUV (bojler). Při splnění alespoň jednoho z těchto požadavků a při dodržení technických podmínek pro zapojení těchto spotřebičů včetně předložení revizní zprávy má zákazník nárok na dvoutarifní sazbu. Domácnost poté využívá rozdílné ceny za odebranou elektřinu v době nízkého a vysokého tarifu. Nízkého tarifu je využíváno zejména spotřebiči jako je topení, pračka, myčka, bojler a jiné spotřebiče, které mají možnost odkladu své funkce o několik hodin.

Dvoutarifní sazby jsou rozděleny podle způsobu využití elektřiny a liší se v délce trvání vysokého a nízkého tarifu a jejím rozdělením v průběhu dne a cenou vysokého a nízkého tarifu. Jednotlivé tarify jsou uvedeny níže v Tab. 3-3. [18]

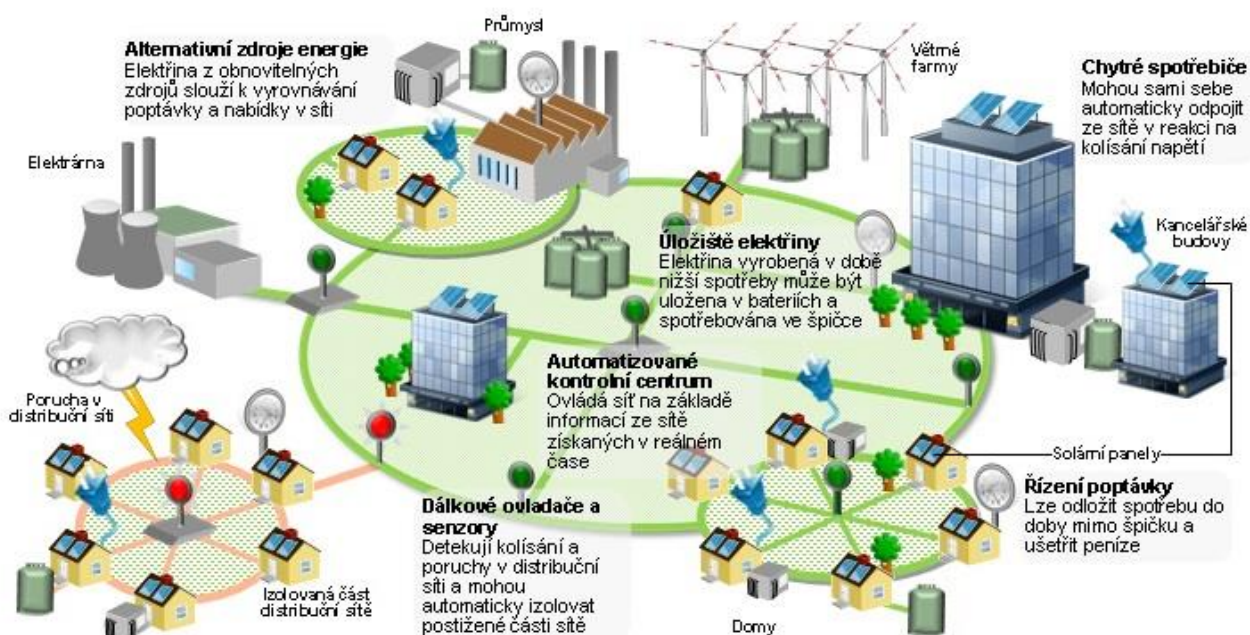
Tab. 3-3 Tabulka dvoutarifních sazeb [18]

Sazba	Typ spotřebiče	Platnost nízkého tarifu	Další požadavky
D25d	Elektrický akumulární spotřebič pro vytápění nebo ohřev vody	8h	-
D26d	Elektrický akumulární spotřebič pro vytápění	8h	Součtový příkon všech el. akumulárních spotřebičů musí činit minimálně 55 % příkonu odpovídajícího hodnotě hlavního jističe před elektroměrem
D35d	Elektrický hybridní (smíšený) spotřebič	16h	Součtový instalovaný příkon, včetně akumulárního spotřebiče pro ohřev užitkové vody, je-li nainstalován, musí činit minimálně 50% příkonu odpovídajícího hodnotě hlavního jističe před elektroměrem
D45d	Elektrický přímotopný spotřebič	20h	Součtový instalovaný příkon, včetně akumulárního spotřebiče pro ohřev užitkové vody, je-li instalován, musí činit minimálně 40 % příkonu odpovídajícího hodnotě hlavního jističe před elektroměrem
D55d	Tepelné čerpadlo	22h	Pro čerpadla zprovozněná do 31. 3. 2005
D56d	Tepelné čerpadlo	22h	Tepelný výkon čerpadla musí krýt minimálně 60 % tepelných ztrát objektu
D61d	-	Pá 12:00-Ne 22:00	Pro chatové objekty

## 4 CHYTRÉ SÍTĚ- SMART GRIDS

Pojem Smart Grids představuje koncepci provozování energetické soustavy s využitím buď již existujících, nebo v blízké budoucnosti dostupných technologií. Jinými slovy, jde o komplexní shrnutí dosavadního pohledu na výstavbu, provozování, správu a údržbu energetických sítí, zdrojů elektrické energie a míst její spotřeby. Sítě takto vytvořené se vyznačují vysokou mírou automatizace umožňující i vysokou míru dynamiky jejich provozu, včetně provozu připojených zdrojů i jednotlivých spotřebitelů. Takováto řešení jsou, s ohledem na řadu vlivů, která na energetiku dneška i blízké budoucnosti působí a budou působit, nutnou podmínkou, aby se energetika mohla dále rozvíjet udržitelným způsobem a byla schopná stále plnit svoji očekávanou roli.

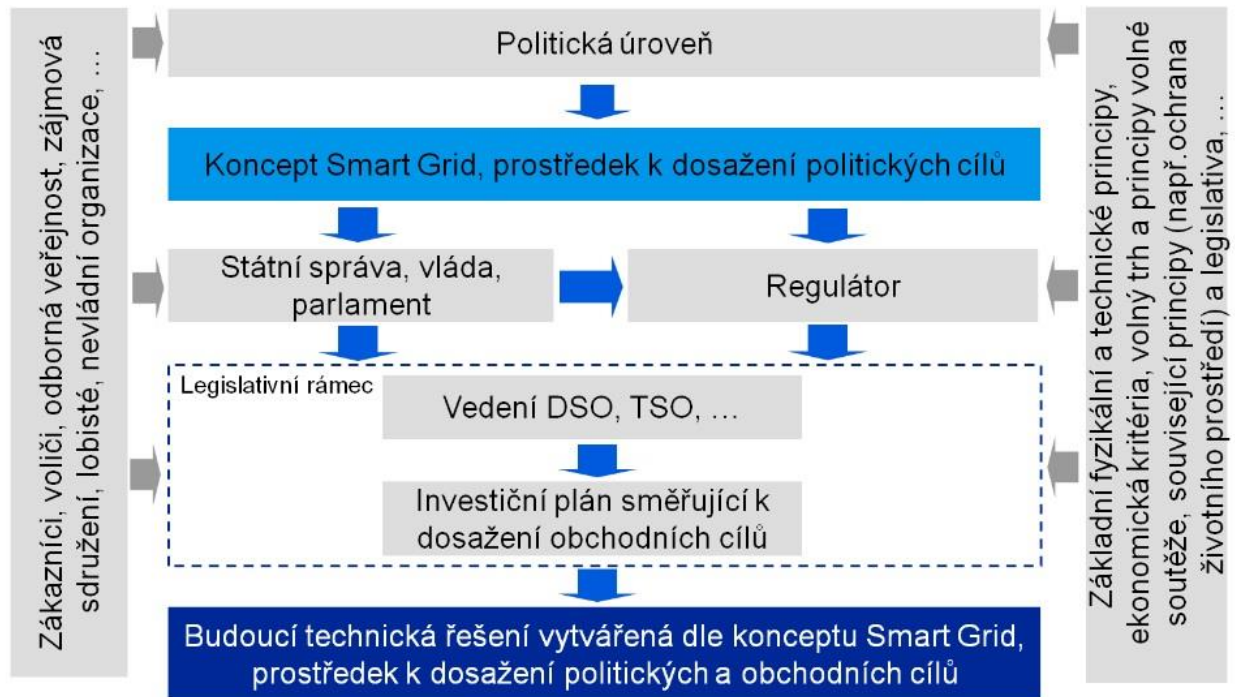
Do celku chytrých sítí jsou zahrnována také tzv. chytrá měřidla, což jsou klíčové komponenty konceptu Smart Metering a jeden z pilířů pro Smart Grids. Lze je chápat jako zařízení, která kromě primární funkce, zajištění přesného (fakturačního měření) vytvoří jakési rozhraní mezi chytrou sítí a chytrým odběratelem. Kromě detailního odečtu spotřebované elektrické energie, umožňujícího například rozsáhlejší variabilitu tarifů či lepší predikci spotřeby, nabídne takový elektroměr další funkce související s případnou regulací spotřeby podle předem zadaných kritérií, či omezení spotřeby na bezpečnostní minimum v případě nestandardních podmínek (např. živelné katastrofy, poruchy v sítích, systémové havárie a výpadky (black-outs)). [12]



Obr. 4-1 Příklad schématu inteligentní sítě (Smart Grid) [13]

## 4.1 Historie a vznik chytrých sítí

O konceptu Smart Grid se začalo v EU hovořit přibližně v roce 2006, avšak na severoamerickém kontinentu se o něm hovořilo ještě dříve. Počátky sahají do vzdálenější historie a souvisejí především s myšlenkami, zabývajícími se vyšší mírou uplatnění automatizace v procesech spojených s přenosem, distribucí, výrobou a spotřebou elektrické energie. Je možno konkrétně jmenovat koncept DA-DSM (Distribution Automation – Demand Side Management) od společnosti ABB, jehož první pilotní aplikace byly realizovány v letech 1996-1999 ve Švýcarsku, Skandinávii, a na dalších místech Evropy. V rámci těchto projektů byly vyzkoušeny nejen nové způsoby řízení v sítích vysokého napětí, ale i infrastruktura, například komunikace využívající technologie PLC (Power Line Carrier, Power Line Communication), nebo elektroměry s dálkovou komunikací, a také celá série dalších aspektů, známých dnes jako klíčové součásti konceptu Smart Grid. První implementace zmíněných konceptů, předchůdců Smart Grid, byly reakcí na zásadní změny v procesech výroby, přenosu, distribuce a spotřeby elektrické energie, reflektující důsledky startujících procesů liberalizace trhu s elektrickou energií a s ní spojených procesů unbundlingu, generované změnami v legislativním rámci podnikání v energetickém průmyslu. Vypracované návrhy, které měly ambice pokrýt negativní důsledky těchto procesů, se však velmi rychle ukázaly jako příliš optimistické, a to obzvláště z toho důvodu, že očekávané změny v procesech energetiky, zejména pak v oblasti přenosu a distribuce elektrické energie, stejně tak jako její spotřeby nedosáhly takové úrovně, jež by při nasazení takovýchto konceptů vytvářely dostatečný ekonomický důvod. V důsledku toho pak například, došlo i k jistému přehodnocení jednotlivých aspektů, které vytvářely rámce pro implementaci těchto konceptů. Koncepty jako takové, nebyly dále rozvíjeny, ale jejich jednotlivé části byly alespoň využívány v celé řadě jiných aplikací. Příkladem může být celá oblast automatizace sítí vn. (na dálku ovládané úsekové odpojovače a reclosery nebo kabelové distribuční a spínací stanice), vlastní komunikace PLC a spousta dalších. Koncept Smart Grid, který se stal velmi významným fenoménem, brzy navázal na uvedené historické trendy. Nenavázal na ně pouze v oblasti vlastního technického řešení, ale také v oblastech prvotních impulsů, vedoucích k jeho vzniku a následné podpoře dalšího rozvoje. Podobně pak, když dokumentoval, jak podstatnou měrou se na jeho vzniku podílela energetická i další legislativa, a to jak evropská, tak i související národní. Samozřejmě doba se změnila více než zásadně, a ve všech oblastech přibyla řada nových požadavků na straně jedné, či návrhů jejich řešení na straně druhé. Ať už v technické oblasti (nové technologie, jejich poměr ceny a výkonu, požadavky na nové funkce a jejich rozsah), legislativní (podpora obnovitelných zdrojů, zvýšené požadavky na parametry procesů – rychlost reakce, spolehlivost, snížení omezení spotřebitelů), nebo ekonomické, obchodní a politické (zvýšení efektivity využívání elektrické energie, zvýšení efektivity procesů podnikatelských subjektů, snížení ztrát, omezení nárůstu cel). Koncept Smart Grid se tak stal pomyslným středobodem cílového řešení vzniklé situace, s představou najít optimální rovnováhu mezi všemi těmito požadavky, samozřejmě s respektováním toho, že určitá část bude tvořit nedotknutelný rámec budoucího stavu i tehdy, kdy nejsou z pohledu některých, hodnotících kritérií tím nejvhodnějším řešením. Příkladem toho může být podpora výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, a ve svém důsledku i příslušné následky, vyvolané touto podporou. [14]



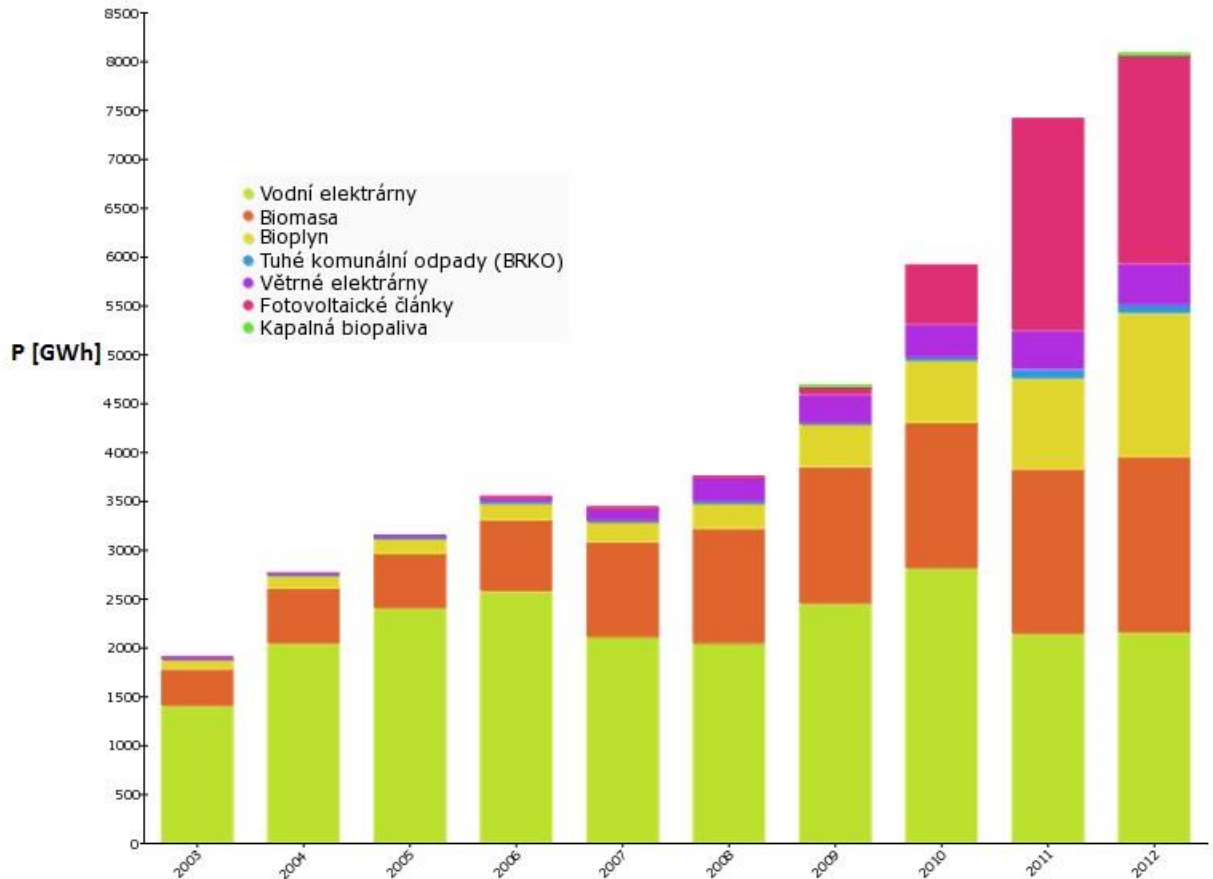
Obr. 4-2 Smart Grids a jeho kontext [15]

Koncept Smart Grid byl od počátku, a to zejména v Evropě, chápán jako koncept, který umožní výrazné zvýšení podílu výroby elektrické energie z OZE – cíl, který byl prostřednictvím dané legislativy, jakýmsi politickým úkolem. V tomto rámci pak koncept přežil až do dnešní doby. Postupem času, kdy byl návrh dále rozvíjen a konkretizován, se míra jeho závislosti na realizaci cílů spojených s podporou OZE značně omezila, ale stále zůstává poměrně významná. Znamená to, že i když se nedá říci, že Smart Grid jsou tady jen kvůli OZE, nemůžeme ale současně říci, že bez Smart Grid bude možné naše závazky v tomto směru plynoucí z předpisů EU (politické cíle) splnit. [14]

## 4.2 Motivace pro Smart Grid

Smart Grids budou plnit úlohu nasazení inteligentních prvků za účelem efektivního řízení jednotlivých technologických zařízení distribuční soustavy (distribuční trafostanice, jističe a odpínače, akumulární zařízení, inteligentní elektroměry atd.) Nasazením těchto systémů řízení distribuční soustavy, které budou využívat informace z inteligentních prvků a jejich ovládáním budou řídit distribuční soustavu s cílem její optimalizace procesů výroby, akumulace a spotřeby elektrické energie v dané oblasti. Detailní data o spotřebě a dalších provozních charakteristikách naměřená inteligentními elektroměry a sondami budou poskytována centrálním systémům energetické společnosti, což umožní plnit funkce tarifikace odběratelů, analýzy a predikce spotřeby a chodu distribuční soustavy. [14][17]

Nynější struktura a filozofie distribučních sítí je taková, že se energie přenáší od jednoho zdroje energie ke spotřebitelům. Základ budoucí vize je velké množství rozptýlených zdrojů a to nejen velké elektrárny s výkonem stovek MW, ale také menší zdroje s výkony ve stovkách kW až jednotkách MW. Převážně se bude jednat o OZE.[17]



Obr. 4-3 Vývoj výroby elektrické energie z OZE [16]

Hlavním cílem řízení elektrizačních soustav je dosažení vyrovnané bilance mezi výrobou a spotřebou, která je podmínkou pro stabilitu rozvodné soustavy. K regulaci spotřeby a výroby napomáhá v ČR systém HDO (systém hromadného dálkového ovládní) a akumulace energie do přečerpávacích elektráren (Dlouhé stráně, Dalešice). S přibývajícím počtem různých obnovitelných zdrojů (Obr. 4-3) bude nutné pro funkci elektrizační soustavy zavést do sítě sofistikované a efektivní řízení, umožňující ovládní energetické sítě až na úroveň zdrojů. Síť bude moci na základě informací o aktuální spotřebě rekonfigurovat síť tak, aby bylo dosaženo pokud možno co nejmenších ztrát při přenosu elektrické energie a zároveň optimálního využití všech zdrojů. Kombinace rozptýlených zdrojů a inteligentního řízení umožňuje řešení kritických stavů, nastávajících při výpadcích některých zdrojů, nebo při poškození vedení.

Regulace výroby u velkých zdrojů (jaderné, tepelné elektrárny) je velice obtížná až nemožná. U alternativních zdrojů je také problematická z důvodu změn přírodních podmínek a tedy těžké predikovatelnosti. Úkolem Smart Grid je pružná koordinace výroby a spotřeby pomocí pružných tarifů a inteligentních spotřebičů a také do budoucna optimalizace spojená s rozvojem elektromobilů (výměnné stanice pro akumulátory, akumulace energie do baterií, dobíjecí stanice). [17]

### 4.3 Smart Metering

Smart metering představuje obousměrnou dálkovou komunikaci měřidla a datové centrály umožňující sběr dat, automatické vyhodnocení, řízení sítě, informování zákazníka o spotřebě, připojení a odpojení měřicího místa apod. Největší využití najde zejména u domácností a malých podnikatelů. Smart metering je pro budoucnost důležitý, jelikož se v posledních letech několikrát v Evropě vyskytly jisté problémy se sítí a to zejména problémy s dodávkou elektrické energie. Hlavní impuls pro zavádění nových technologií byl black out v Itálii v roce 2003. Hlavní přínosy této technologie jsou kromě dokonalejšího řízení sítě také snížení obchodních ztrát (neoprávněné odběry) a lepší nabídka produktů a služeb zákazníkovi. Příklady přínosů pro zákazníka jsou:

- Vyšší spolehlivost dodávky.
- Širší nabídka služeb- dynamické tarify- cena energie se odvíjí od aktuální zátěže sítě. Využití těchto tarifů zajišťuje efektivnější využití elektráren a snižování špičkové zátěže. Pro zákazníka to je přínosem, pokud upraví svou spotřebu v čase a tím dosáhne nižší ceny.
- Poskytování informací o aktuální spotřebě v pravidelných intervalech (měsíčně, týdně, denně).
- Zákazník bude mít informace o spotřebě jednotlivých typů energie (elektřina, voda, plyn...)

Princip přenosu dat ve Smart meteringu je zobrazen na Obr. 4-4.



Obr. 4-4 Přenos dat ve Smart meteringu

### 4.3.1 Sběr dat

Sběr dat je zprostředkován pomocí měřidel a koncentrátorů a jejich vzájemná komunikace je řízená přímo z datové centrály. Ke koncentrátoru jsou dálkově připojena podřízená měřidla, což je ekonomičtější způsob, než připojení každého měřidla zvlášť. Komunikace mezi koncentrátorem a měřidlem je zajištěna pomocí technologie PLC (Power Line Communication) nebo RF (Radio Frequency).

Anglická zkratka PLC označuje přenos dat elektrickou sítí. V České republice je přenos dat provozován pomocí HDO. Využívá se pro regulování odběrů elektrické energie a tudíž k potlačování špiček odběrového diagramu. HDO je provozováno na nízké frekvenci, která postačuje pouze na jednoduché povely, ale za to se signál šíří na desítky až stovky kilometrů. Základní problém přenosu informací po elektrické sítí je to, že při zvyšující se frekvenci narůstá objem přenesených dat, ale na druhou stranu se snižuje jejich přenosová vzdálenost. Úzkopásmové PLC umožňuje komunikaci na stovky metrů a plně dostačuje k přenosu dat mezi měřidlem a koncentrátorem, naopak u širokopásmového PLC, sloužícího pro přenos internetu, videa atd. je stále co zlepšovat.

V případě RF, jde o komunikaci na rádiové frekvenci. Přenos dat z měření nemá určenou frekvenci, což znamená, že není zapotřebí zažádat o přidělení frekvenčního pásma a platit poplatky za jeho využívání.

### 4.3.2 Datové přenosy

Datové přenosy zajišťují komunikaci mezi koncentrátorů a datovou centrálou. Jedná se o naměřená data a povely, které řídí koncentrátorů a měřidla. (připojení, odpojení, mimořádné odečty a další informace). Pro vzájemné přenosy dat, které jsou mnohdy až několik stovek kilometrů se nejčastěji používá GPRS (General Packet Radio Service).

## 4.4 Nynější a budoucí situace v EU a USA

Chytré sítě jsou již nějakou dobu velice aktuální téma a to jak ve státním, tak soukromém sektoru. V USA je vyhlášen program "Strategie moderní sítě, který je řízen přímo ministerstvem energetiky. Snaží se zaměřovat na vývoj technologii integrované komunikace, metod řízení sítě, měření a vyhodnocování stavů sítí a jejich komponent a systémů pro podporu rozhodování. Mezi nejpokročilejší státy, co se týče implementace konceptů Smart Grids je Kalifornie a Colorado. V San Diegu byla v roce 2006 společností Gas & Electric ve spolupráci s místní univerzitou připravena studie, která navrhla hlavní iniciativy pro realizaci inteligentní sítě do roku 2016. Jako součást studie byla také uvedena kvantifikace přínosů v oblastech vyššího využití přenosových soustav, úspor při údržbě sítě, snížení poptávky po energii ve špičkách, vytvoření nových pracovních pozic apod. Předpokládaná výše přínosů, při pohledu dvaceti let dopředu je odhadována na 3 miliardy USD při investici 0,5 miliardy USD a při předpokládaných provozních nákladech 25 miliónů USD ročně.

Co se týče Evropy, v roce 2005 byla vytvořena vize pro rozvoj moderní elektrické sítě do roku 2020 a tuto vizi také realizovat v jednotlivých zemích. Jedná se o platformu zprostředkovanou skupinou Smart Grids European Platform. Platforma spojuje více než 200 expertů různých odvětví od energetických společností po politické a akademické kruhy. Jako první úspěch této skupiny je Strategický plán pro energetické technologie, který určuje energetické cíle v rámci EU do roku 2020. Dokument je zaměřen na podporu biopaliv, snižování CO<sub>2</sub> a také na oblast inteligentních sítí a možnosti skladování elektrické energie. Myšlenkou chytrých sítí je také integrace decentralizovaných zdrojů a zavádění efektivnějších koncových

zařízení a systémů (např. palivové články). Investice do chytrých sítí se spotřebitelů dotkne tak, že bude třeba instalovat “energy boxy“ v každém domě, který umožní zjednodušenou správu účtu za dodávku elektrické energie a domácnostem, které budou generovat elektřinu z OZE obousměrný tok elektřiny.

V novodobé koncepci sítí, která počítá s úspornými opatřeními a se zaměřením na snižování emisí a využitím OZE bude nutné vhodně přizpůsobit také distribuční síť. Smart Grids je bezpochyby uskutečnitelný způsob jak dosáhnout všech požadovaných cílů, ale je nutné podotknout, že jeho realizace nezávisí pouze na technickém stavu sítě, ale úzce spjata i s jinými oblastmi. Mezi klíčové aspekty patří skladování energie a distribuované zdroje a je proto nutné v této oblasti provádět další intenzivní výzkum a vývoj. Velkou pozornost na sebe také poutají obslužná zařízení sítí, jejich standardizace, vlastní logika, systémy řízení sítí, a v neposlední řadě nastavení architektury vzájemné komunikace jednotlivých elementů. Pro podniky a domácnosti bude zavedena podpora pro zavedení distribuovaných zdrojů energie šetrných k životnímu prostředí. Bude nutné zavést nová pravidla a ceny dodávky a odběru elektrické energie s ohledem na čas. [39]

#### 4.4.1 Chytré domy, jako prvky chytré sítě

Chytré domy budou vybaveny vlastními zdroji elektřiny a tepla. Elektřina, která nebude spotřebována, bude dodávána do centrální sítě a tím generovat jistý finanční zisk. V rámci chytrých sítí se počítá s rozvojem elektromobilu, jehož baterie může sloužit k regulaci toku elektřiny v síti, nebo k zásobování spotřebičů v RD. Pomocí inteligentních měřidel si spotřebitel navolí způsob odběru elektřiny tak, aby některé spotřebiče (pračka, myčka) byly zapnuty v době nízkého tarifu. Na měřících přístrojích (Smart Meters) bude display zobrazující měřící údaje, které budou spotřebitele informovat o aktuální ceně odebírané energie a umožní mu flexibilnější rozhodování. Řídicí systém navolí režim v závislosti na venkovních podmínkách, aby dům nebyl zbytečně přetápěn, nebo vychlazován. Informace z meteorologických stanic pomohou optimalizovat využití obnovitelných zdrojů, např. při dostatečné rychlosti větru bude síť v předstihu připravena na dodávku energie z větrných parků a sníží výkon ostatních zdrojů. Navzájem propojené komunikační kanály umožní účinněji zabránit výpadkům v síti a rychleji obnovit chod sítě po kalamitách anebo dokonce zprostředkovat napájení postižených oblastí pouze z místních zdrojů. Smart Grid zužitkuje doplňkové zdroje elektřiny, jako jsou baterie elektromobilů, které zrovna nejsou využity k jiné činnosti tak, aby bylo dosaženo maximální hospodárnosti výrobních zdrojů. Do vzdálenější budoucnosti se počítá s využitím uložitelů elektřiny (velké úložné baterie), které budou účinně regulovat vytížení sítě.



## 5 MALÉ ZDROJE ENERGIE VYUŽITELNÉ V INTELIGENTNÍCH RODINNÝCH DOMECH

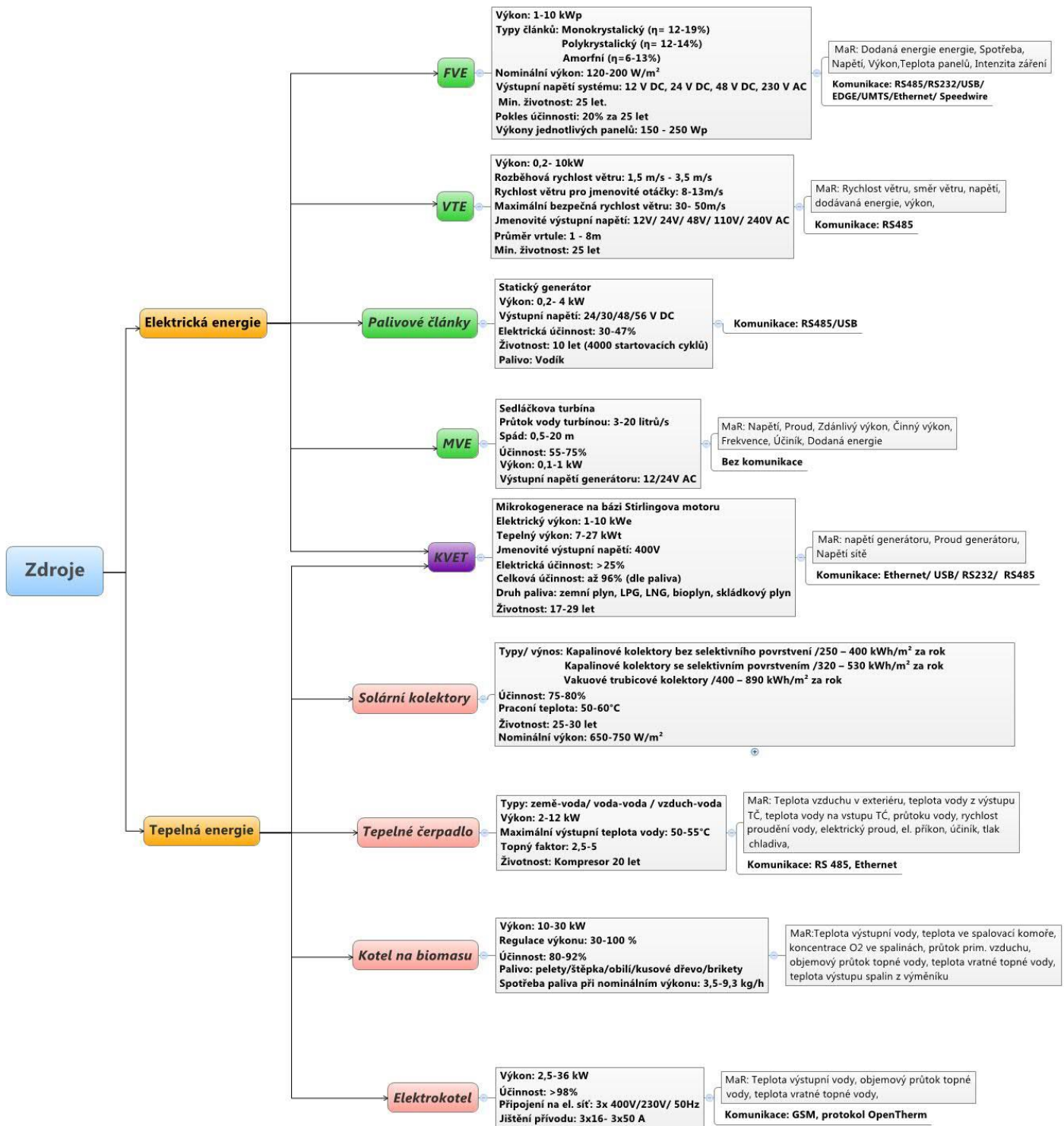
Na základě požadavků firmy Teco a.s. je v této kapitole uveden diagram možných zdrojů, spotřebičů a akumulčních kapacit, kterými lze vybavovat rodinné domy. U každého jednotlivého prvku jsou uvedeny elektrické a neelektrické veličiny a také kvantifikace typických rozsahů spotřeby, výkonu a akumulční kapacity.

Inteligentní domy mohou být vybavovány jak alternativními zdroji energie, tak klasickými. Výkony, spotřeby a akumulace jsou řízeny pomocí řídicí jednotky, která je pomocí čidel a regulačních prvků napojena na veškeré zdroje elektrické energie, zdroje tepla, spotřebiče a akumulční kapacity. ŘJ vyhodnocuje a zaznamenává doručené signály z čidel a na základě těchto informací reguluje podle nastavených parametrů zdroje energie a spotřebiče.

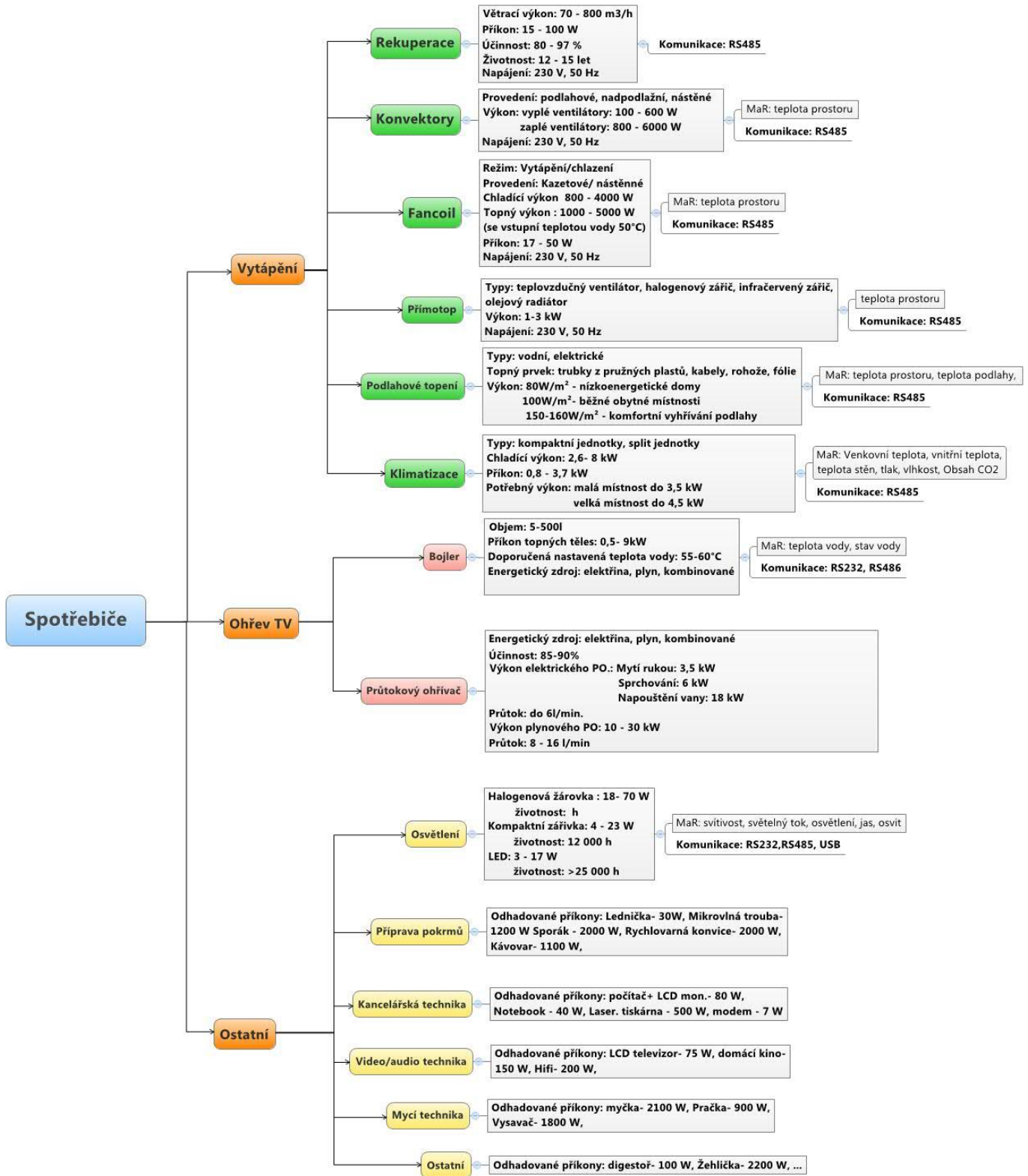
Ve většině případů není inteligentní dům vybaven pouze jedním zdrojem, ale jedná se o kombinaci více zdrojů, které se navzájem doplňují. Například klasickou kombinací zdrojů pro ohřev teplé vody je kombinace solárních panelů, tepelného čerpadla a klasického kotle. V tomto případě jsou solární panely voleny jako primární zdroj, jelikož vyrábějí teplo přibližně dvanáctkrát levněji než klasické kotle. V takovém případě řídicí systém v době kdy je to možné čerpá teplo pouze ze solárních panelů. V případě, že není dostupná solární energie, přepne ŘJ na odběr tepla z tepelného čerpadla, které by mělo být schopno pokrýt požadovanou spotřebu. Řídicí jednotka zapne kotel až při neobvykle vysokém odběru teplé vody, či v případě extrémně nízkých venkovních mrazech.

Řídicí jednotka také řídí spotřebu tepla. Jedná se hlavně o regulaci topení v místnostech daného objektu, popřípadě o regulaci ohřevu vody v bazénu. V jednotlivých místnostech je nastavena požadovaná teplota a požadovaný čas, aby nedocházelo ke zbytečnému přetápění či podchlazování. Z toho vyplývá také značná úspora energie.

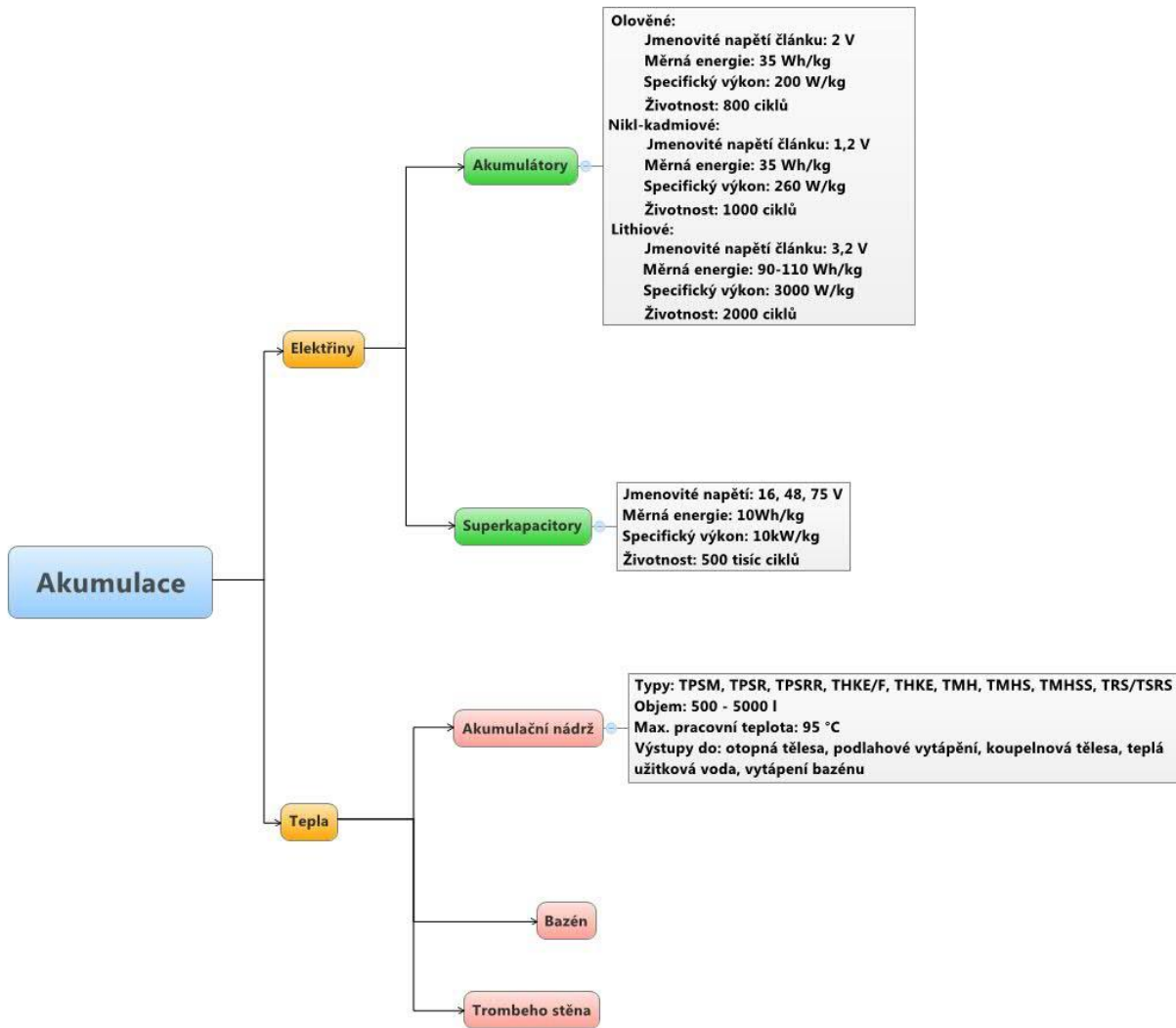
Obdobná situace je u volby zdrojů elektrické energie. V dnešní době jako klasický zdroj elektrické energie je volena malá fotovoltaická elektrárna umístěna na střeše. Tato instalace může být doplněna malou větrnou elektrárnou a popřípadě kogenerační jednotkou, která vyrábí zároveň elektřinu a teplo. Postupem času bude kladen čím dál větší důraz na vybavování rodinných domů malými zdroji energie. Na obrázcích Obr. 5-1 až Obr. 5-3 jsou uvedena schémata zdrojů, spotřebičů a akumulací, kterými je, nebo bude možné vybavovat inteligentní rodinné domy. Jak již bylo zmíněno každý prvek schématu je rámcově definován pro aplikace pro RD. Některé z prvků je možné řadit jak do zdrojů, tak do spotřebičů. Například rekuperační jednotka je spotřebičem elektrické energie, ale výstupem je energie ve formě tepla, nebo klimatizační jednotka, která je brána jako spotřebič, ale vytváří chlad, čili je možné ji hodnotit i jako zdroj. Rozdělení je provedeno ve vztahu ke spotřebě či výrobě elektrické energie. Tabulka (Tab. 5-9) shrnuje výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů, ke kterým je možno přihlížet při volbě energetického zdroje.



Obr. 5-1 Schéma zdrojů využitelných v inteligentním rodinném domě



Obr. 5-2 Schéma spotřebičů využitelných v inteligentním rodinném domě



Obr. 5-3 Schéma akumulčních kapacit využitelných v inteligentním rodinném domě

## 5.1 Fotovoltaická elektrárna

Jako jedna z možností napájení je vybavit rodinný dům fotovoltaickou elektrárnou. Jedná se o střešní instalace s výkonem 1 – 10 kW. Existuje několik způsobů, jak bude fotovoltaická elektrárna pracovat. Jednotlivé způsoby zapojení a jejich charakterizace jsou uvedeny v Tab. 5-1.

Tab. 5-1 Způsoby zapojení FV elektrárny [21][22]

	System	Funkce	Využití	Zařízení
Autonomní systémy	Přímé napájení	Napájení spotřebičů, po dobu dostačující sluneční intenzity	Napájení čerpadel, ventilátorů, nabíjení malých přístrojů	FV panely, regulátor napětí, Spotřebič 12/24 V
	S akumulací energie	Napájení spotřebičů, i v době bez dostatečné sluneční intenzity	Napájení spotřebičů SS proudem, popř. běžných síťových spotřebičů	FV panely, regulátor dobíjení, akumulátor, pojistka, měnič napětí, spotřebič
	Hybridní systém	Napájení spotřebičů, s vysokým příkonem v době nízkého slunečního záření. Systém je doplněn doplňkovým zdrojem	Napájení budov s celoročním provozem bez připojení k síti	FV panely, regulátor dobíjení, akumulátor, pojistka, měnič napětí, doplňkový zdroj (elektrocentrála, větrná elektrárna, kogenerační jednotka), spotřebič
Síťové systémy	Vlastní spotřeba a prodej přebytků	Napájení spotřebičů v objektu a prodej přebytků vyrobené energie do sítě	Napájení budov s celoročním provozem s připojením k síti	FV panely, měnič napětí, elektroměr, jistič, spotřebiče, přípojka na distribuční síť, spotřebič
	Přímo připojený k síti	Výroba elektrické energie za účelem prodeje	Prodej veškeré vyrobené elektrické energie	FV panely, měnič napětí, elektroměr, jistič, přípojka na distribuční síť

### 5.1.1 Fotovoltaické panely

Naprostá většina střešních instalací využívá třech základních typů panelů a to panely z polykrystalického křemíku, monokrystalického křemíku, či amorfního křemíku. Každá z uvedených technologií se vyznačuje specifickými vlastnostmi, které jsou rozhodující při volbě fotovoltaického systému. Základní vlastnosti panelů jsou uvedeny v Tab. 5-2.

### 5.1.1 Výtěžnost fotovoltaické elektrárny

Při návrhu fotovoltaického systému je nutno brát v úvahu mnoho faktorů, ovlivňujících výtěžnost daných systémů. Intenzita slunečního záření a počet hodin slunečního svitu úzce souvisí se zeměpisnou šířkou a přírodními podmínkami dané lokality. V ČR a to zejména na Moravě existují poměrně kvalitní přírodní podmínky pro využití sluneční energie. V průměru za rok na celé území ČR dopadá 1000 kWh/m<sup>2</sup> a hodnota slunečního svitu se za rok pohybuje mezi 1400 až 1700 hodin.

Dalším základním kritériem pro návrh fotovoltaického systému je správná orientace panelů. Nejvhodnější je jižní směr, popřípadě jižní s mírným odklonem na jihozápad či jihovýchod. Odchylka do 20° má za následek snížení výkonu spotřeby do 5%. V případě, že je elektrárna orientována přímo na jih či západ je pokles výkonu patrnější a to až o 25%. [23]

Sklon FV elektráren je ideálně volen v rozmezí 30-35° vzhledem k vodorovné ploše. V případě, že není dodržena tato podmínka, nedochází k příliš velkému poklesu celoročního výkonu. Při sklonu 10°-60° dojde k maximálně deseti procentnímu poklesu výkonu. U instalace FV panelů z krystalického křemíku na fasádu dojde k poklesu výkonu 25 – 30%. Jelikož amorfní panely mají sice nižší účinnost, ale nejsou tak citlivé na přímé sluneční záření jsou obecně vhodnější pro fasádové instalace. Jestliže je elektrárna instalována na ploché střeše nebo volném prostranství je důležité určit optimální rozestupy mezi řadami panelů, které vycházejí ze situace, kdy sluneční paprsky dopadají na zemský povrch pod úhlem přibližně  $\alpha=17^\circ$  (Zimní období). [23]

Dalším faktorem, který může negativně ovlivnit výtěžnost elektrárny je možnost výskytu částečného zastínění. To můžou zapříčinit okolní stavby, stromy, sloupy apod. Pro názornou ukázkou jednotlivých faktorů ovlivňujících výtěžnost elektrárny je uvedena Tab. 5-3 níže.

Tab. 5-2 Porovnání technologií FV panelů

Materiál článku	Typická modulární účinnost článku	Plocha potřebná na 1 kW	Výhody	Nevýhody
	%	m <sup>2</sup>		
Monokrystal	12 - 19	6,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Vysoká účinnost</li> <li>○ Pomalá degradace</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pořizovací náklady</li> </ul>
Polykrystal	12 - 14	7,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Poměr cena/výkon,</li> <li>○ Absorpce difuzního záření</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nižší účinnost oproti Monokrystalu</li> </ul>
Amorf	6 - 12	16,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Teplotní koeficient</li> <li>○ Lepší absorpce při malém slunečním svitu</li> <li>○ Cena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nízká účinnost =&gt; větší zastavěná plocha</li> <li>○ Investiční náklady</li> </ul>

Tab. 5-3 Názorný příklad faktorů ovlivňujících výtěžnost elektrárny umístěné v lokalitě Brno (pomocí programu od IBC Solar)

Sklon	Výkon	Plocha	Vyrobená energie při orientaci na jih	Vyrobená energie při orientaci na sever
°	kW	m <sup>2</sup>	kWh	kWh
35	1	7,5	946	577
20			831	699
35	3	22,5	2837	1729
20			2793	2094
35	10	75	9457	5765
20			9313	6988

## 5.2 Malá větrná elektrárna

Dalším možným zdrojem elektrické energie pro rodinný dům může být větrná elektrárna. Rozhodujícím faktorem pro funkci elektrárny je rychlost větru, která je ovlivňována členitostí povrchu země. Dalšími aspekty, které ovlivňují rychlost větru jsou uměle vytvořené překážky, za kterými se tvoří turbulentní změny, negativně přispívající ke kvalitě větru a proto je nutné pečlivě zvolit lokalitu pro instalaci zařízení. VTE je možné podobně jako fotovoltaiku provozovat v režimech Grid On a Grid OFF.

### 1) Autonomní systémy (Grid Off)

Takový způsob je vhodný pro větrné elektrárny nejmenších výkonů (0,2 – 8 kW). Vyrobená energie je ukládána do akumulátorů a následně využita pro napájení nízkonapěťových spotřebičů. Je také možné energii pomocí připojených měničů napětí využít pro napájení běžných spotřebičů s parametry napětí 220V 50 Hz. Pomocí větrné elektrárny je možné napájet také akumulční kamna, nebo ohřev vody. Základní předpoklad tohoto zapojení je výkon elektrárny alespoň 3 kW. Takové zapojení je podstatně jednodušší oproti ostatním způsobům, nelze jej ale kvůli nestálosti větru použít pro napájení běžných spotřebičů. Elektrická energie je ukládána v podobě tepla ve vložkách akumulčních kamen, nebo TUV v bojleru.[25]

### 2) Připojení k síti (Grid On)

Pro připojení k síti jsou většinou využívány elektrárny o výkonu větším než 5 kW. Energie je v době potřeby dodávána spotřebičům v RD a v době, kdy rychlost větru není dostačující, odebírá majitel energii ze sítě. V opačném případě, kdy uživatel není schopen veškerou energii vyrobenou ve větrné elektrárně spotřebovat, je energie do sítě dodávána. [25]

#### 5.2.1 Výkon VTE

Výkon větrných elektráren pro rodinný dům je ve většině případů volen v rozmezí 0,2 – 10 kW. Většina takových zařízení je vybavena směrovým kormidlem, které slouží pro natáčení rotoru a tím k regulaci otáček. Jmenovitý výkon je obvykle dosažen při rychlostech větru 13 až 15 m·s<sup>-1</sup> a rozběhová rychlost větru se pohybuje v rozmezí od 1,5 m·s<sup>-1</sup> do 3,5 m·s<sup>-1</sup>. V Tab. 5-4 je uvedena průměrná roční výroba malých větrných elektráren jako závislost rychlosti větru a průměru rotoru.

Tab. 5-4 Průměrná roční výtěžnost u malých větrných elektráren[23]

Vyrobená elektrická energie (kWh·rok <sup>-1</sup> )		Rychlost větru (m·s <sup>-1</sup> )						
		4	5	6	7	8	9	10
Průměr rotoru	1,5	222	390	557	696	836	947	1030
	1,7	340	595	850	1062	1275	1487	1572
	2,2	480	839	1200	1500	1800	2040	2218
	2,4	570	998	1427	1783	2140	2425	2640
	3	890	1560	2228	2786	3343	3788	4122
	4	1584	2772	3960	4950	5940	6730	7325

### 5.3 Malá vodní elektrárna (Sedláčková turbína)

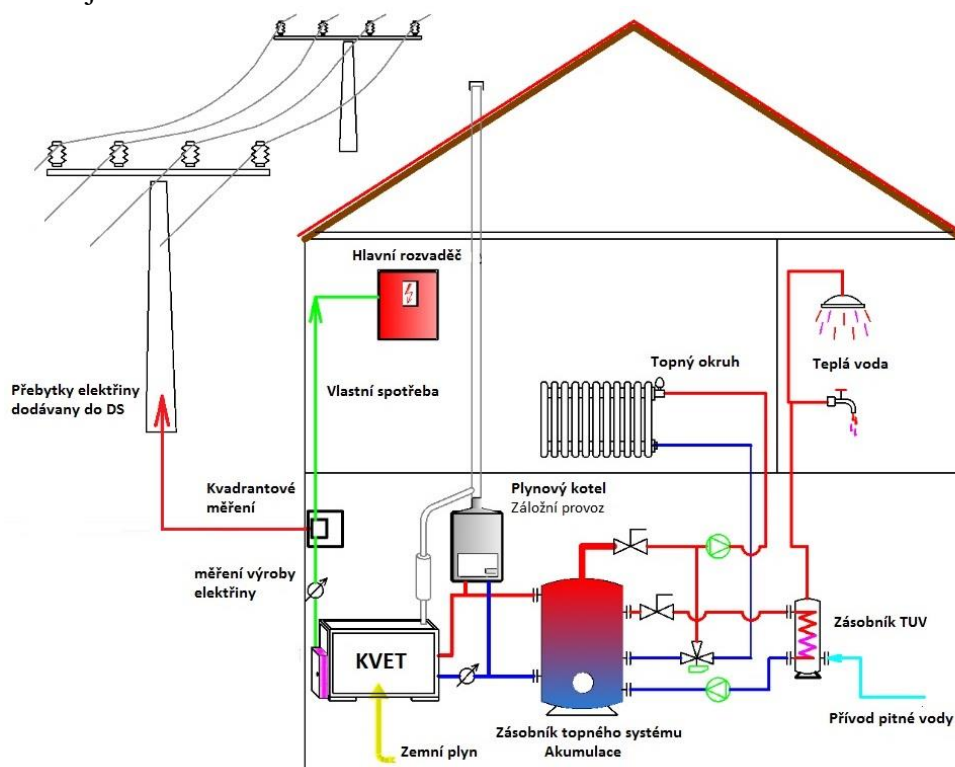
Jedná se o energetický zdroj, který prozatím není příliš hojně využíván. Využití najde i na místech s malým průtokem od 4 litrů vody za sekundu nebo na místech s rozdílem hladin okolo 0,5 – 1,5 metru. Mechanická účinnost takové turbíny se pohybuje v rozmezí 55 až 75%. Sedláčková turbína je již prodávána pod názvem Setur s parametry uvedenými v Tab. 5-5. [26]

Tab. 5-5 Parametry mikroVE Setur[28]

Označení		DVE 120	DVE 160	DVE 300	DVE 600
Průtok	$\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$	4 - 20	10 - 25	50 - 160	100 - 500
Spád min./optimal.	m	1,8 - 20	1,5 - 18	1,2 - 8	0,6 - 3,5
Mech. Výkon	W	75 - 2100	110 - 2900	400 - 4300	800 - 7000
Otáčky turbíny	$\text{ot}\cdot\text{min}^{-1}$	120 - 150	90 - 130	50 - 80	22 - 30

### 5.4 Kogenerační jednotka

Mikro-kogenerační jednotky nejmenších výkonů, vhodných pro aplikaci v RD, tedy 1 - 10 kWe a 7 – 27 kWt jsou založeny na principu Stirlingova motoru. MikroKVET využívají také technologie parního stroje, zážehových a vznětových motorů, ty jsou ale díky vyššímu minimálnímu výkonu vhodné spíše pro bytové jednotky, nemocnice a větší, energeticky náročnější objekty. Vhodný výkon KVET je vybírán podle mnoha faktorů, jako jsou např. energetická náročnost budovy, typy spotřebičů a jejich příkon, režim budovy, počet osob v domácnosti, spotřeba TUV apod. Mikro-kogenerační jednotka může být v kombinaci s akumulací TUV plnohodnotnou alternativou běžných topných systémů a navíc je vyráběna elektrická energie pro vlastní spotřebu s možností prodeje přebytků do distribuční sítě. Schéma realizace v RD je uvedeno na Obr.5-4.



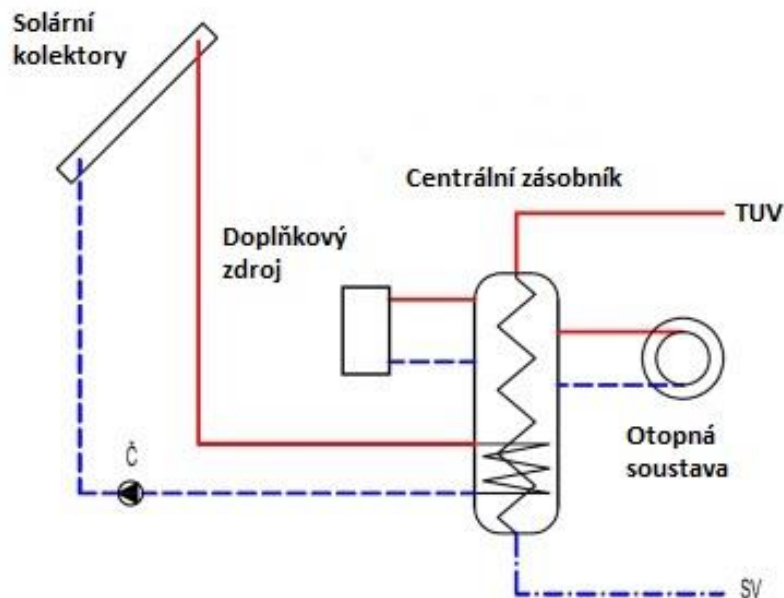
Obr. 5-4 Schéma možného zapojení mikro-kogenerační jednotky [27]



## 5.5 Solární kolektory

Existuje několik hledisek, jak rozdělit solární systémy, nicméně pro zákazníka nejdůležitější je rozdělení podle využití. Nejčastější aplikace solárních kolektorů je na podporu vytápění, ohřev TUV a ohřev vody v bazénu.

- **Systémy pro vytápění:** Solární systémy je možno využít na pokrytí potřeby tepla pro vytápění a to zejména v jarních a podzimních měsících. Na zimní vytápění výkon solárních kolektorů není dostatečný, jelikož by se musela předimenzovat plocha solárních kolektorů, což by způsobilo vysokou ekonomickou nevýhodnost. Z tohoto důvodu je pro zimní měsíce solární systém zkombinován s jiným zdrojem tepelné energie. Systém pro podporu vytápění bývá zkombinován s ohřevem TUV, ale v otopné soustavě zpravidla není pitná voda a je nutné akumulovat teplou užitkovou vodu a vodu pro otopnou soustavu odděleně. To je možné zrealizovat buďto dvěma zásobníky, nebo integrovaným zásobníkem tepla, což je zásobník pro otopnou soustavu a uvnitř něj je umístěn navíc další zásobník pro TUV, která je ohřívána přes vestavěný průtočný výměník. Schéma takového zapojení je na Obr. 5-5. [28]

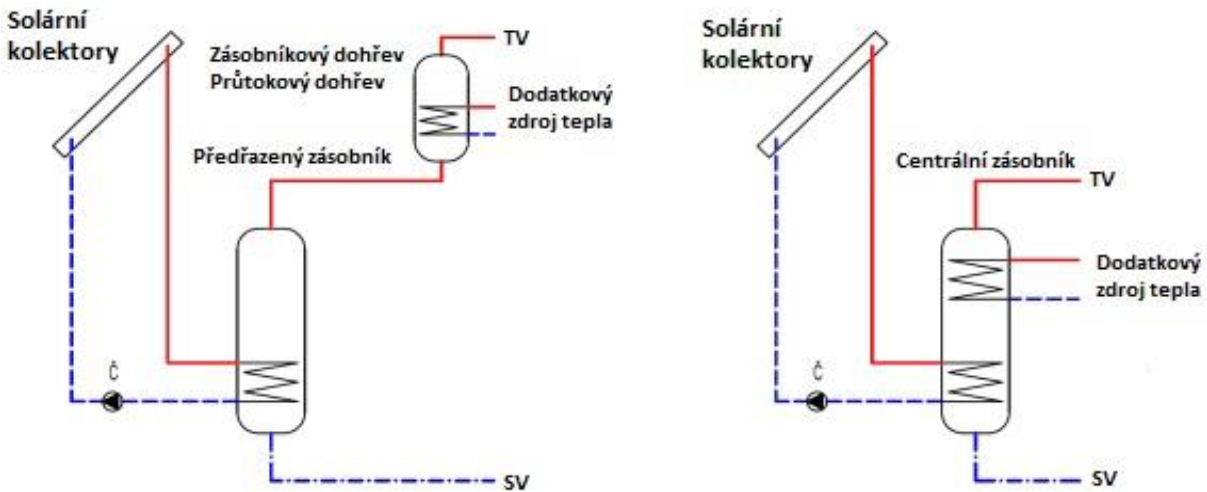


Obr. 5-5 Schéma kombinované soustavy s centrálním zásobníkem tepla. [28]

- **Systémy pro ohřev TUV:** Z důvodu téměř konstantní spotřeby TUV během celého roku je tento způsob ohřevu dobře využitelný. Ve většině případů je systém vybaven oběhovým čerpadlem pro nucený oběh teplotnosného media, které je ohříváno v tepelném výměníku. Tepelný výměník je v systému zařazen z důvodu oddělení teplotnosných látek na solární oběh, který obsahuje nemrznoucí směs, aby se zabránilo zamrznutí kolektoru během zimních měsíců a vodní oběh, který odevzdává teplo tepelnému zásobníku. Schémata možného zapojení jsou uvedena v Obr. 5-3.[28]

Zásobníky bývají vyráběny ve třech konstrukčních provedeních a to jako systém monovalentní (Obr. 5-6 vlevo), u kterého je zásobník předřazen konvenčnímu ohřevu TUV, a nebo je využit pro sezónní ohřev vody, dále jako systém s bivalentním solárním zásobníkem (Obr. 5-3 vpravo) ve kterém je zásobník doplněn dodatečným zdrojem tepla (elektrická vložka,

plynový hořák, plynový kotel). Třetí možností je trivalentní systém, který využívá tři energetických zdrojů. Základní částí je kolektorové pole, doplněné o dva další zdroje (plynový kotel, elektrické vložky, nebo tepelné čerpadlo). [28][29]



Obr. 5-6 Schéma přípravy teplé vody: vlevo s předřazeným zásobníkem v pravo s bivalentním zásobníkem [29]

### 5.5.1 Energetický potenciál solárního systému

Udávaná maximální účinnost solárně-termických kolektorů se běžně pohybuje v rozmezí od 75 do 80 % a v případě použití speciálního skla je možné účinnost zvýšit až na hodnotu 85%. Takové kolektory jsou ale dražší a instalují se spíše v náročnějších solárních aplikacích. Reálná účinnost je ale v reálných podmínkách nižší a závisí na aktuálních klimatických podmínkách jako je intenzita slunečního záření nebo venkovní teplota. Během slunečních letních dnů je možné ohřát až 100 l vody pomocí 1 m<sup>2</sup> plochého kolektoru na teplotu 55 °C, naproti tomu v zimním období kolektory ohřejí vodu pouze o několik stupňů.

Obecně platí pravidlo, že při využití solárních kolektorů pouze pro ohřev TUV jsou vhodné ploché kolektory. V případě, že záměrem zákazníka je pomocí kolektorů jak ohřev vody, tak přitápění, jsou vhodnější trubicové kolektory. Plyne to ze závislosti kolektorové účinnosti na počasí. U trubicových kolektorů neklesá účinnost s poklesem teploty tak rapidně jako u plochých kolektorů, to je důležité zvláště v zimních měsících Tab. 5-6. [30]

Tab. 5-6 Porovnání poklesu účinnosti mezi plochými a trubicovými kolektory při 10 °C

	Maximální účinnost	Účinnost při 10 °C	Vhodná aplikace
	%	%	
Ploché kolektory	75 - 85	50 - 60	příprava TUV, ohřev bazénu
Trubicové kolektory	70 - 80	60 - 65	příprava TUV, ohřev bazénu + přitápění

## 5.6 Tepelné čerpadlo

Princip TČ spočívá ve využívání nízko potenciálního tepla okolního prostředí (vzduch, voda, půda) a převedení tohoto tepla na ohřev jiné teplotnosné látky na teplotní úroveň (např. vody z 40 °C na 45 °C). Pro funkce TČ je nutné přivést určitou energii zvenčí a to zpravidla energií elektrickou. Účinnost neboli topný faktor je hodnocena jako poměr okamžitých hodnot topného výkonu čerpadla a spotřebované energie tepelným čerpadlem. V průběhu roku se hodnota tepelného faktoru mění (v rozmezí 2,5 – 5), na základě klimatických podmínek. Pro uživatele je směrodatnější roční provozní topný faktor, který vyjadřuje průměrné roční hodnoty Tab. 5-7. [31]

Tab. 5-7 Roční provozní faktor tepelných čerpadel [32]

Tepelné čerpadlo	Zdroj tepla	Roční provozní faktor u podlahového vytápění	Roční provozní faktor u vytápění radiátorovými tělesy
země - voda	země	3,6	3,2
voda - voda	spodní voda	3,4	3,0
vzduch - voda	vzduch	3,0	2,3

### 5.6.1 Velikost tepelného čerpadla

Při návrhu velikosti TČ je nutné respektovat následující čtyři kritéria.

- Úspora energie je závislá na výkonu TČ a jeho příkonu
- Pro maximální životnost čerpadla je nutné minimalizovat počet startů
- Je doporučeno řešit systém jako bivalentní, tzn. Tepelné čerpadlo + další zdroj tepla (plynový kotel, elektrokotel atd.)
- Maximální snížení finanční náročnosti investice

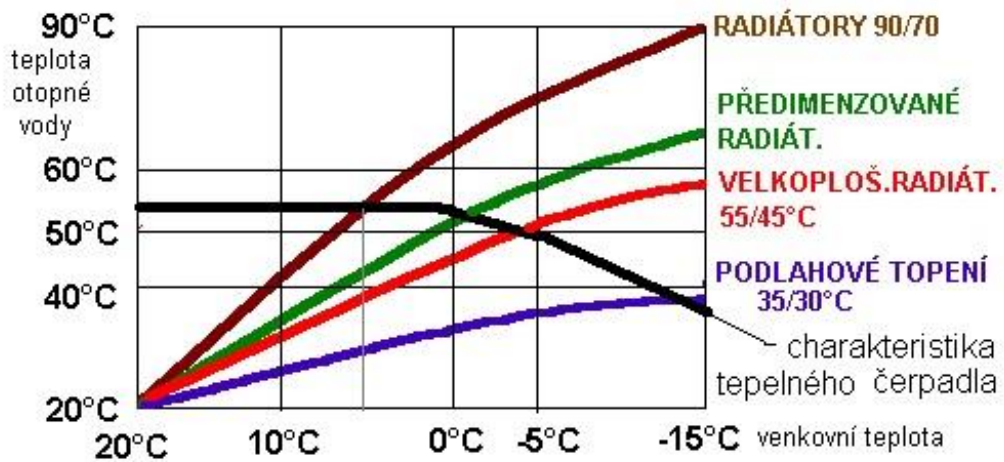
Běžně je výkon čerpadla volen tak, aby pokryl 70 – 80 % tepelných ztrát objektu. U některých domů, je nutné zahrnout do výpočtu výkonu čerpadla i dobu vysoké sazby elektřiny, po kterou bude TČ odpojeno. V ČR je doba nízkého tarifu většinou 22 h, při zvolení sazby D56d, určené pro rodinné domy využívající tepelné čerpadlo pro pokrytí alespoň 60% tepelných ztrát objektu.

Se snižující se teplotou nízkopotenciálního zdroje klesá výkon TČ a to obzvláště u čerpadla typu vzduch-voda, tedy při venkovních teplotách např. -5°C a nižších nemůže být dosažena vhodná výstupní teplota a z toho důvodu bývá tepelné čerpadlo doplněno bivalentním zdrojem. Výkon druhého zdroje odpovídá výkonu TČ a činí dvě třetiny. Bod bivalence se dá určit průsečíkem křivek výkonu TČ v závislosti na okolní teplotě a průběhu tepelné ztráty v závislosti na okolní teplotě. V případě že při návrhu nejsou tyto informace k dispozici, je možné uvažovat hodnoty uvedené v tabulce.

Tab. 5-8 Náhradní body bivalence pro čerpadlo vzduch - voda

Výkonové pokrytí tepelných ztrát tepelným čerpadlem	Bod bivalence
%	
60 - 65	+1°C až -1°C
65 - 75	-1°C až -3°C.
75 - 85	-3°C až -5°C

Při návrhu je důležité zvolit vhodnou soustavu. Při použití TČ jsou nejvhodnější nízkoteplotní soustavy. Z Obr. 5-7 vyplývá, že nejvhodnější je podlahové vytápění, popř. velkoplošné radiátory a to z důvodu, že pro nejefektivnější využití tepelného čerpadla je důležitý co nejmenší rozdíl mezi teplotou nízkopotenciálního zdroje a teplotou topného okruhu.



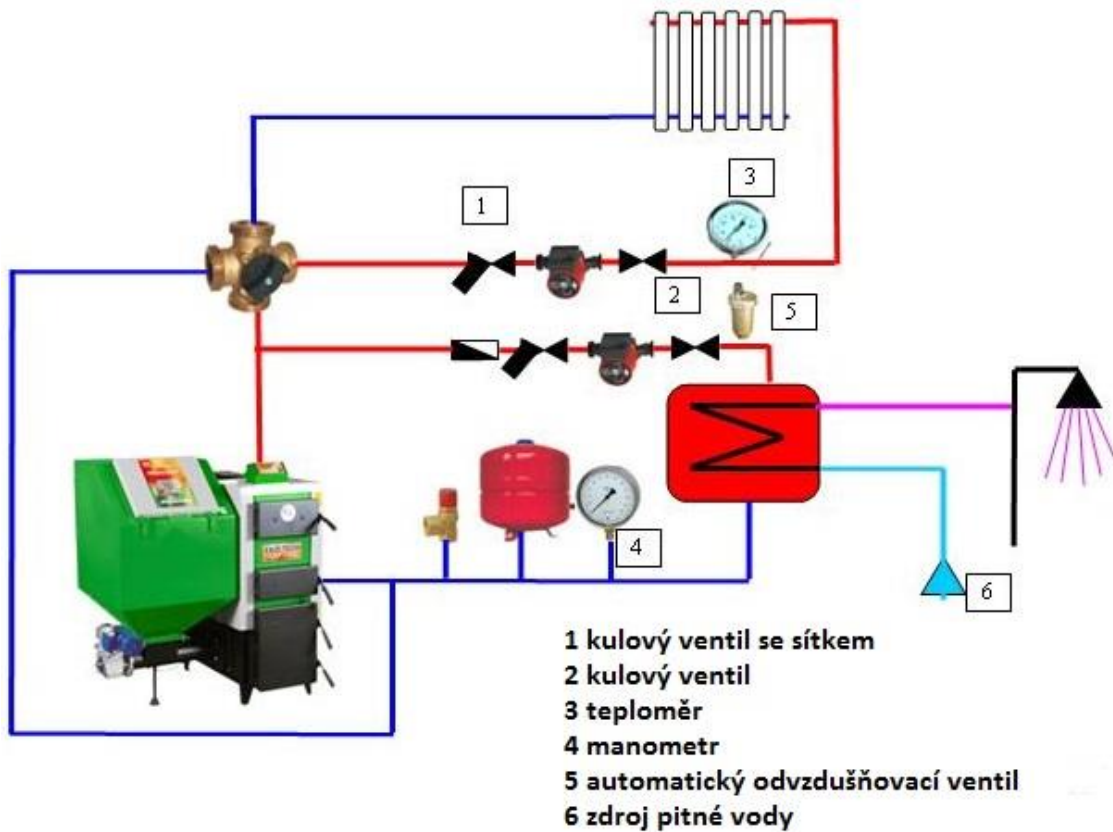
Obr. 5-7 Vhodné otopné soustavy pro TČ [31]

## 5.7 Kotel spalující biomasu

Kotle na biomasu se liší zejména v tom, jaký druh biomasy spaluje. Jednotlivé druhy jsou popsány níže.

- Kotel na pelety: jsou vybaveny zásobníkem paliva, což umožňuje automatický provoz a spotřeba pelet je určena podle teploty nastavené v řídicím systému. Výkon takových kotlů je v rozmezí 10 – 30 kW. Jejich účinnost se pohybuje od 85% do 92%.
- Zplyňovací kotle na dřevo a brikety: jsou vhodné pro ústřední vytápění RD a také pro ohřev TUV. Cena je nižší než u kotlů na pelety, ale to je kompenzováno nižším komfortem obsluhy. Zplyňovací kotel je možné také zvolit jako doplňkový zdroj vytápění k jinému zdroji. Účinnost takových kotlů bývá až 92%.
- Krbové kamna a krbové vložky: Palivem je kusové dřevo, v praxi je jejich význam jak energetický, tak designový. Jedná se o kotle na principu prohoření dřeva a jejich účinnost se pohybuje kolem 50%, anebo o kotle se spodním hořením kde účinnost bývá do 75%.
- Kombinované kotle: V RD nejsou příliš hojně využívány, hodí se spíše pro zemědělské či dřevozpracující podniky. Palivem může být prakticky jakýkoliv druh biomasy.

Příklad schématu zapojení kotle na biomasu je uveden na Obr. 5-8.



Obr. 5-8 Schéma zapojení kotle na biomasu

## 5.8 Palivové články

Technologie palivových článků pro komerční využití v rodinných domech je momentálně ve fázi vývoje. Jedná se o stacionární palivové články s výkonem od 1 kW až po několik desítek kW, které mohou sloužit jako zdroje elektrické, popřípadě tepelné energie. Tab. 5-5 udává parametry jednotlivých typů palivových článků.

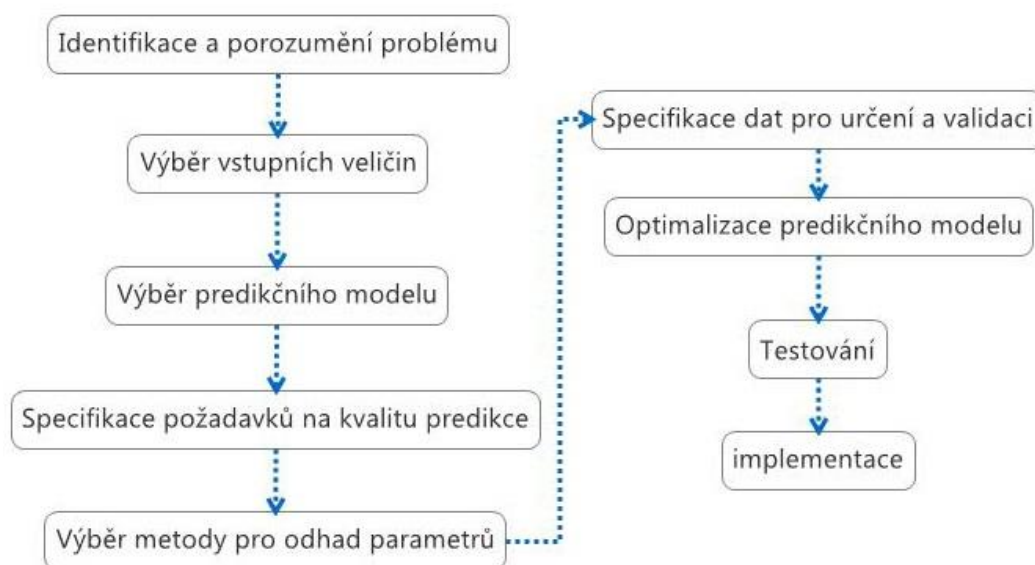
Tab. 5-9 výhody a nevýhody jednotlivých zdrojů využitelných v inteligentním rodinném domě

	Výhody	Nevýhody
Fotovoltaická elektrárna	Nízké provozní náklady	Kolísání výkonu v závislosti na slunečním záření
	Nenáročná obsluha	Poměrně vysoké investiční náklady
	Dlouhá životnost zařízení	Při instalaci je nutné provádět úpravy v objektu
	Šetrné k životnímu prostředí	Nelze použít jako jediný zdroj energie
Větrná elektrárna	Nízké provozní náklady	Nevypočitatelnost a nestálost dodávky energie
	Snadná instalace	Smysl výstavby jen v určitých lokalitách
	Šetrné k životnímu prostředí	Nelze použít jako jediný zdroj energie
Malá vodní elektrárna Sedláčková turbína - Setur	Použitelnost i na nejmenších průtocích	
	Použitelnost pro výrobu el. Energie nebo jako zahradní čerpadlo	
	Šetrné k životnímu prostředí	
Kogenerační jednotka	Využití odpadního tepla pro vytápění	Vysoké investiční náklady
	Lokální stabilní zdroje elektrické energie a tepla	Finanční návratnost je závislá na využití tepla a el. Energie
	Rychlé starty	Náklady na revize
	Možnost ostrovního provozu s možností regulace výkonu	
Palivové články	Tichý chod	Velké investiční náklady a drahá paliva
	Minimální údržba a obsluha	Nízké SS napětí jednoho článku
	Schopnost snášet i značná přetížení	Delší doba uvedení do provozu (i několik minut)
	Nízké emise škodlivin	
Tepelné čerpadlo	Několikanásobně více dodané energie, než-li spotřebované	Vysoké investiční náklady
	Automatický provoz s dobrou regulací	Nutnost nízké teploty otopné soustavy
	Snadno dostupná energie	System země - voda vyžaduje velkou plochu pro kolektory

	Vhodný provoz z pohledu ekologie	System voda - voda vyžaduje vydatný pramen a chemickou analýzu vody
	Nízké požadavky na příkon v porovnání s běžným vytápěním	System vzduch - voda dosahuje nižších hodnot provozního faktoru
	Možnost využití výhodnějšího tarifu elektřiny	
Kotel na biomasu	Vysoká účinnost	Nároky na skladování paliva
	Příznivé náklady (investiční i provozní)	Manipulace s palivem a popelem
	Možnosti dotace	Náklady na přepravu paliva
	Nízký obsah popelovin a škodlivých látek	
Elektrokotel	Nízké pořizovací náklady	Vysoké investiční náklady
	Vysoká účinnost kotle	

## 6 METODIKA KRÁTKODOBÉ PREDIKCE

Predikce spotřeby, výroby a akumulace bude do budoucna při provozu Smart Grid pro dispečink a obchodní oddělení jednotlivých distribučních společností důležitá. Spotřeba, výroba a akumulace je závislá na spoustě vnějších i vnitřních faktorech, které budou mít dlouhodobý či krátkodobý účinek. Mezi základní faktory patří meteorologické vlivy, dny v týdnu či víkendy, svátky, ekonomická situace. Pro predikci spotřeby na 24 nebo 48 hodin dopředu hraje nejdůležitější roli venkovní teplota, její setrvačné vlastnosti a příslušný druh dne. Další faktory, přispívající ke spotřebě a výrobě jsou síla a směr větru, vlhkost vzduchu oblačnost apod. Síla vlivu každého z faktorů se liší v závislosti na lokalitě, například oblast s velkou hustotou zalidnění má jiný charakter, oproti oblasti s velkou rozlohou a geografickou členitostí, proto je nutné při návrhu predikčního modelu vycházet z lokálních podmínek a požadavků uživatele. Schéma postupu při tvorbě predikčního programu je uvedeno na Obr. 6-1.



Obr. 6-1 Postup při tvorbě predikčního programu



## 6.1 Predikce spotřeby elektrické energie v časových řadách

Predikce spotřeby elektrické energie je důležitá ve spoustě informačních a řídicích systémů. Obvykle jsou používány metody, které zahrnují autoregresní a regresní modelování signálu, známé z analýzy časových řad. Poslední dobou také sklízí velký úspěch predikce založené na využití neuronové sítě. Veškeré tyto metodiky jsou založeny na předpokladu konstantních parametrů modelu v průběhu sledování spotřeby. Dále popsany predikční model je založený na klasických statistických metodách. Při jeho realizaci je třeba využít veškeré informace, které je možné získat z analýzy naměřených dat (odhad denního chodu, závislost na teplotě, závislost po sobě jdoucích hodnot).

### 6.1.1 Příprava a zpracování dat

Pro predikci je nutné zpracovat následující data do použitelné formy:

- Roční hodinové naměřené hodnoty spotřeby elektrické energie
- Průměrné naměřené denní teploty a naměřená maxima a minima teplot, nebo přesné hodinové teploty
- Soubory s informacemi HDO pro dané časové období

Data o spotřebě elektřiny je možné získat od technického dispečinku dané společnosti, který v průběhu roku tato data sbírá a ukládá. Jedná se o data obsahující několika letou měřenou průměrnou spotřebu elektrické energie na určené měřené jednotce. Ve druhém bodě se jedná o naměření teploty taktéž na konkrétní lokalitě.

Pro lepší přesnost je velice vhodné provést datovou úpravu tak, že ošetříme naměřená data od deterministických složek, což jsou nahlášené výpadky provozu apod. Vzhledem k tomu, že získaná data bývají v dodané formě prakticky nepoužitelná, je nutné vytvořit databázovou aplikaci pro zpracování, výběr a přípravu požadovaných dat. Takovou aplikaci je možné vyvinout například v softwaru Borland Delphi. Aplikace má být navržena tak, aby spolupracovala s datovou bankou a aby sloužila jako zdroj dat pro krátkodobou predikci spotřeby elektrické energie. Databázová aplikace má následující vlastnosti:

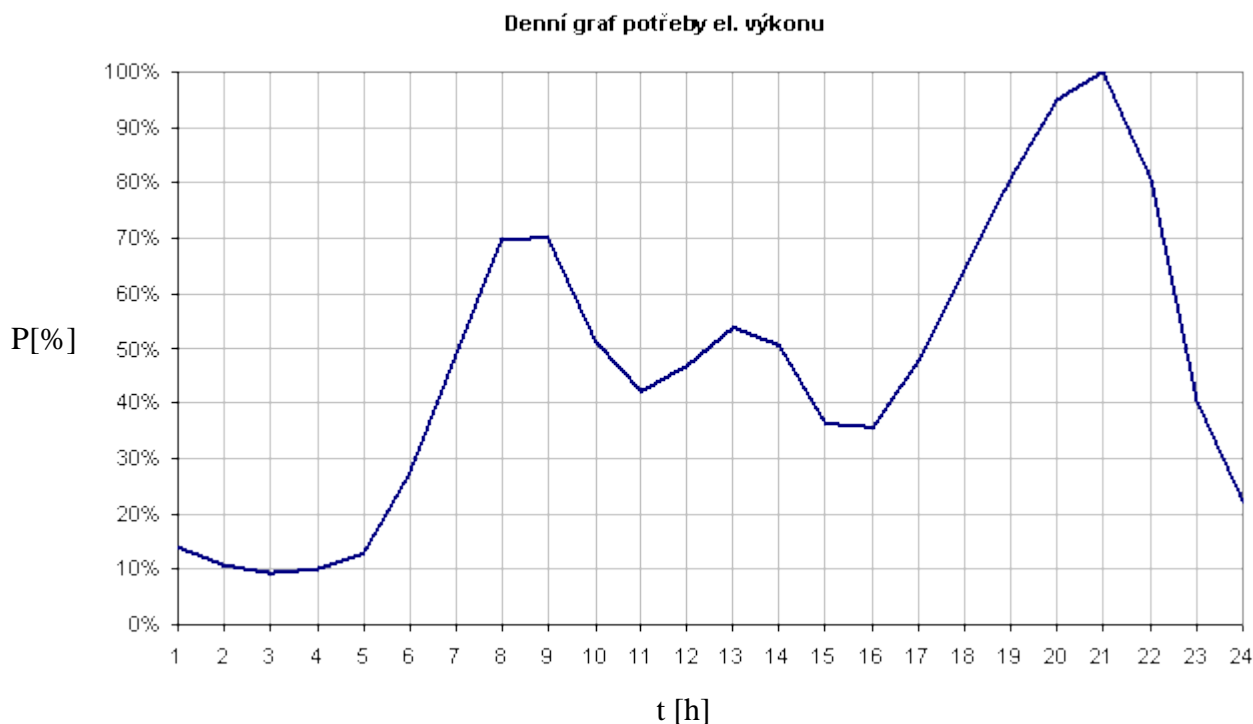
- Přehledné zobrazování naměřených datových údajů pro konkrétní datum
- Dovoluje zobrazovat jen žádané položky, potřebné pro odhad (Výkony, průměry...)
- Generuje data, která jsou možná zobrazit v grafu, nebo je uložit jako soubor v požadovaném formátu
- Vytvořený soubor je následně využit pro další zpracování [34]

Vzhledem k obsáhlosti získaných dat je vhodné celou řadu rozdělit na jednotlivé měsíce anebo rozdělit celý program na topné a netopné období. Musíme dbát ohled na měsíce, ve kterých dochází k výrazným změnám teplot (přechodné měsíce mezi ročními obdobími), dále na dny s výraznými výkyvy (Vánoce, velikonoce...). V případě že informace o teplotách obsahují pouze průměrné, maximální a minimální teploty je možné rozložit průměrnou denní teplotu do 24 hodin v každém dni, tím ale vznikne určitá odchylka pro další zpracování. Dále je důležité ošetřit zdrojová data od předem známých deterministických hodnot (kvalitní informace od poskytovatele dat, přesné dekódování informací HDO). [34]

### 6.1.2 Tvorba stochastického modelu

Počasí se v každém kraji mění během celého roku a to způsobuje změny průběhu spotřeby elektrické energie. Během jednoho týdne dojde také ke změně průběhu spotřeby, kvůli rozdílným

charakteristickým průběhům během pracovních dnů a během víkendů. Vzhledem k rozsáhlosti souborů s informacemi o hodinových spotřebách je vhodné soubory dat rozdělit na jednotlivé měsíce a poté každý měsíc zpracovat zvlášť.



Obr. 6-2 Příklad průběhu denní spotřeby [34]

V každém měsíci se rozdělí dny na všední a víkendové, poté se vypočtou hodinové průměry pro jednotlivé dny a tím získáme odhad chodu spotřeby během dne (Obr. 6-2). Takový odhad může sloužit jako základní nástroj pro predikci.

### 6.1.3 Predikční algoritmus

Predikční algoritmus vychází z očištěné řady od denního průběhu, což je řada  $v_t$ . To je provedeno odečtením průměrných denních hodnot od spotřeby a tím je řada stacionární. Pro takovou řadu platí výběrová autokorelační funkce.

$$r_k = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-k} (v_i + k - \bar{v})(v_i - \bar{v})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2} \quad k=1, \dots, m \quad (6.1)$$

Predikce spotřeby elektrické energie o  $k$  hodin dopředu se spočte pomocí vztahů

$$\hat{v}_{t+k} = v_t \cdot r_k \quad (6.2)$$

$$\hat{X}_{t+k} = \hat{v}_{t+k} + m_{hod} \quad (6.3)$$

$m_{hod}$  je průměrná hodnota odpovídající dané hodině. Výhodou tohoto algoritmu je jeho jednoduchost. [34]

### 6.1.4 Závislost na teplotě

Podle zkušeností víme, že teplota značně ovlivňuje hodnoty spotřeby elektrické energie. Nejvýznamněji se projeví rozdíly teplot v přechodných měsících mezi topným a netopným obdobím. V algoritmu by bylo vhodné rozdělit měsíce na dvě poloviny a to na skupinu měsíců výrazně závislých na teplotě a skupinu měsíců s menší závislostí na teplotě (topné a netopné období). Pro skupinu topného období použijeme model lineární regrese, kde průměrná denní teplota ve dni  $T_t$  hraje roli nezávisle proměnné. [34]

$$v_t = a + b \cdot T_t + er_t \quad (6.4)$$

Kde  $er_t$  jsou náhodně se vyskytující chyby.

Metodou nejmenších čtverců získáme odhady parametrů  $a$  a  $b$  a spočteme residua podle rovnice :

$$Y_t = v_t - \hat{a} - \hat{b} \cdot T_t \quad (6.5)$$

Pro netopnou sezónu platí  $Y_t = v_t$ .

### 6.1.5 Závislost mezi hodnotami

K modelování závislosti po sobě jdoucích hodnot je možné použít např. ARIMA posloupnost. Pro vhodnost modelu se využívají následující nástroje.

- Boxova - Jenkinsova metodologie
- Informační Akeikeho kritérium

Odhad parametrů daného ARIMA modelu se provede metodou nejmenších nelineárních čtverců. [34]

## 6.2 Predikce výroby elektrické energie z větrných elektráren

V současnosti se pro predikci výroby elektrické energie z nestabilních OZE využívá několik matematických metod. Metody využívají např. meteorologické modely, neuronové sítě, časové řady, statistické metody, nebo fuzzy logiku. Pro predikci výroby elektrické energie z větrných elektráren jsou ve světě využívány systémy např. Anemos Project, WPPT, Scirocco, Predictor apod. Nevýhoda těchto systémů je ta, že je nutné lokalizovat predikční model pro dané území, což je ekonomicky poměrně náročné, jelikož lokalizace vyžaduje velké množství meteorologických a elektrických měření.

### 6.2.1 Data pro predikci

Model predikce výroby elektrické energie využívá predikční údaje (rychlost a směr větru) z meteorologických modelů. Nejznámější meteorologické modely, pokrývající Evropu jsou HIRLAM, GFS, ECMWF, UMPL, WRF a Aladin. Dalším důležitým meteorologickým parametrem pro predikci je velikost predikčního čtverce, jelikož pro zjednodušení jsou uvnitř čtverce zvoleny konstantní meteorologické podmínky. Z toho plyne, že výstupem z meteorologického modelu jsou rychlosti a směry větru v konkrétní čas a čtverec. Dále pro celý konkrétní čtverec je nutné pomocí korekce lokalizovat podmínky pro danou větrnou elektrárnu. Druh korekce závisí na predikčním modelu, běžně jsou ale využívány následující.

- Korekce směru a rychlosti větru pro danou větrnou elektrárnu v závislosti na jejím umístění
- Korekce rychlosti větru v závislosti na výšce náboje elektrárny

- Korekce rychlosti větru v závislosti na směru větru
- Korekce rychlosti větru v závislosti na teplotě a tlaku

Vliv těchto korekcí na přesnost predikce rychlosti a směr větru je různý, a je testován citlivostní analýzou, která pomocí krokových změn parametrů sleduje vliv na předpovězenou výslednou rychlost a směr větru a tudíž i na predikovaný výkon větrné elektrárny. Nejsložitějšími kroky jsou korekce na umístění větrné elektrárny v predikčním čtverci a korekce rychlosti v závislosti na směru větru, naopak korekce rychlosti větru v závislosti na teplotě a tlaku a korekce rychlosti vzhledem k výšce náboje jsou snadné a nedochází u nich k velké chybě. [36]

- Korekce rychlosti a směru větru v závislosti na umístění VtE v predikčním čtverci

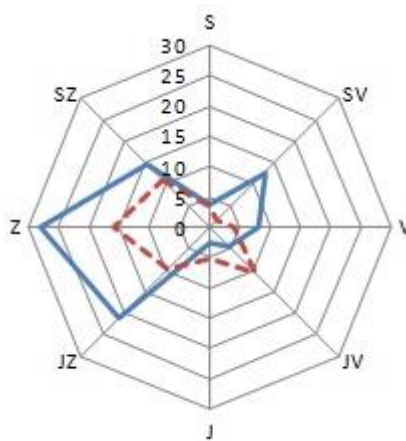
Při predikci rychlosti a směru větru jsou přijata určitá zjednodušení, jakožto predikce pro jednotlivé kvazi-čtverce, pro které jsou směr a rychlost konstantní a je tedy nutné predikovanou rychlost a směr korigovat podle toho, v jaké části čtverce se větrná elektrárna nachází. Elektrárna umístěná na hranici dvou čtverců bude ovlivňována hodnotami predikovanými pro čtverec vedlejší. V oblasti mezi jednotlivými čtverci existuje tzv. pásmo necitlivosti, u kterého je zapotřebí vycházet z konkrétních meteorologických a geomorfologických podmínek.

- Korekce rychlosti větru v závislosti na výšce náboje

Zemský povrch zásadně ovlivňuje rychlost větru obecně tím způsobem, že s klesající výškou klesá i rychlost větru. Z toho důvodu je nutné provádět korekci rychlosti větru na rychlost ve výšce, ve které je umístěn náboj větrné elektrárny. Většina predikčních modelů předpovídá rychlost větru ve výšce 10 m nad povrchem.

- Korekce rychlosti větru v závislosti na teplotě a tlaku

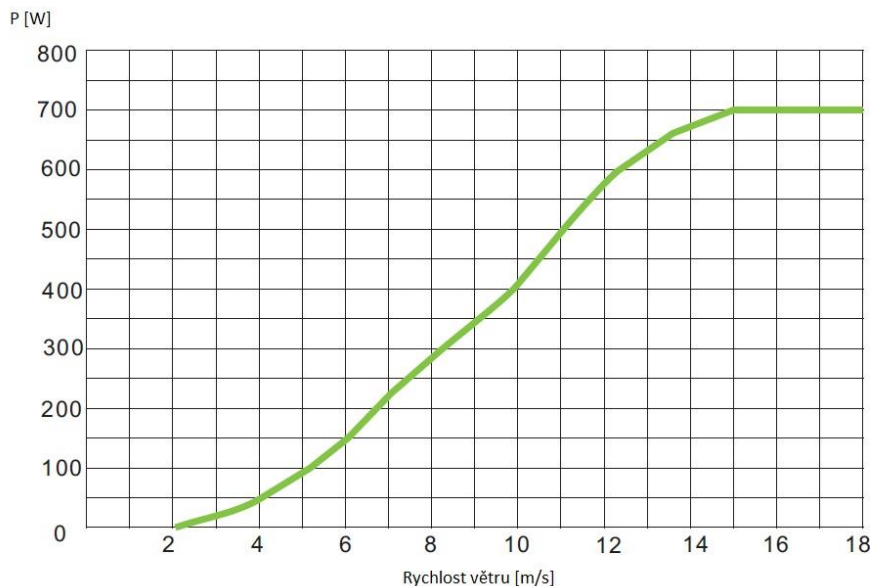
Terén v okolí elektrárny ve většině případů není rovný a musí překonávat různé překážky, o které se bude zpomalovat. Obr. 6-3 zobrazuje větrnou růžici, která je používána pro korekci podle směru větru. Predikovaná hodnota rychlosti větru je upravena hodnotou korekčního činitele podle dané růžice větru pro konkrétní větrnou elektrárnu. Větrná růžice je různá pro každou VtE a závisí na lokalitě, vlivu okolního prostředí a výšce tubusu. [36]



Obr. 6-3 Příklad větrné růžice [35]

### 6.2.2 Verifikace modelu

Každá VtE má charakteristickou výkonovou křivku, která určuje elektrický výkon elektrárny pro konkrétní rychlost větru. Z Obr. 6-4 je vidět, že startovací rychlost je  $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a postupným zvyšováním rychlosti větru se výkon zvyšuje až do hodnoty  $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , kdy je dosažena maximální povolená rychlost a musí dojít o omezování otáček některým z regulačních zařízení. Taková výkonová křivka byla sestavena pomocí naměřených hodnot toku výkonu a meteorologických dat.



Obr. 6-4 Výkonová křivka větrné elektrárny se jmenovitým výkonem 600 W. [37]

Právě závislost výkonu na rychlosti větru ve výšce dané nábojem VtE je využívána pro výpočet predikované vyrobené elektrické energie. Algoritmus výpočtu je následující.

1. Vytvoření databáze s predikčními rychlostmi větru, pomocí matematických modelů
2. Provedení korekce predikované rychlosti větru pro konkrétní lokalitu a parametry dané elektrárny
3. Citlivostní analýza korekce
4. Vypočtení predikovaného výkonu v daném časovém úseku
5. Časová integrace výkonu, tudíž získání predikce získané energie z VtE

Jelikož přesnost výpočtu predikce závisí na přesnosti predikce rychlosti větru a na korekci rychlosti větru, je třeba věnovat značnou pozornost citlivostní analýze korekčních faktorů. Dlouhodobým měřením bylo zjištěno, že přesnost predikce má největší vliv korekce na umístění VtE v predikčním čtverci, korekce vzhledem k výšce náboje a ke směru větru. Obecně je možné vyjádřit výškovou korekci následujícím vzorcem. [36]

$$v = v_0 \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \quad (6.5)$$

Kde  $v$  značí průměrnou rychlost větru ve výšce  $H$ ,  $v_0$  je rychlost větru v referenční výšce  $H_0$  (10m).  $\alpha$  je koeficient, který závisí na drsnosti povrchu (obvyklá hodnota  $\alpha = 0,25$ , maximální  $\alpha=0,426$ ).

Korekci na směr větru vyjadřujeme jako funkci  $\beta$ , která pro každý azimut  $\omega$  (kde  $\omega \in \langle 0; 2\pi \rangle$ ) přiřadí korekční součinitel. Korekce rychlosti větru je možno vyjádřit následujícím vzorcem

$$v = v_0 \beta(\omega) \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \quad (6.6)$$

Je nutné správně určit  $\alpha$  a funkci  $\beta(\omega)$ . Pokud je určená posloupnost předpokládaných hodnot rychlostí větru a azimutů a k nim skutečné naměřené hodnoty rychlosti větru, tak je obvykle směr větru predikován s dostatečnou přesností a není jej nutné korigovat. V predikčním modelu je plný úhel rozdělen na 16 částí a azimut se kvantuje s krokem  $2\pi/16$ . Po tomto kroku můžeme vyjádřit azimut jako celé číslo z množiny  $\{1, 2, 3, \dots, 16\}$  a funkce  $\beta(\omega)$  nabývá 16 hodnot.

$$\beta(\omega) = \begin{cases} \beta_1 & \text{pro } \omega = 1 \\ \vdots & \vdots \\ \beta_{16} & \text{pro } \omega = 16 \end{cases} \quad (6.7)$$

Tato aproximace se používá pro rozepsání rovnice (6.6) na 16 rovnic, u kterých se budou lišit hodnoty činitele  $\beta_1, \dots, \beta_{16}$ . [36]

### 1) Řešení pomocí soustav rovnic

Za předpokladu, že máme k dispozici celkem  $v_{0,1}, \dots, v_{0,k}$ , rychlostí větru a  $w_1, \dots, w_k$  azimutů a dále k tomu odpovídající hodnoty rychlosti větru  $v_1, \dots, v_k$  tak je možné tyto predikované hodnoty rychlostí dosadit do (6.6) takovým způsobem, aby se rychlost predikovaná s korekcí rovnala rychlosti naměřené. Z toho získáme rovnice o 17 neznámých. Dále se zlogaritmuje rovnice (6.5), čímž dostaneme.

$$\log v = \log v_0 + \log \beta + \alpha \log \left( \frac{H}{H_0} \right) \quad (6.8)$$

Odkud

$$\alpha \log \left( \frac{H}{H_0} \right) + \log \beta = \log \left( \frac{v}{v_0} \right) \quad (6.9)$$

Při rozepsání rovnice (6.7) se dojde k soustavě rovnic (6.10), kterou následně je možno řešit pomocí metody nejmenších čtverců. [36]

$$\begin{pmatrix} \log \frac{H}{H_0} & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \log \frac{H}{H_0} & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \log \frac{H}{H_0} & 0 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \log \beta_1 \\ \vdots \\ \log \beta_{16} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \log \frac{v_1}{v_{0,1}} \\ \log \frac{v_2}{v_{0,2}} \\ \vdots \\ \log \frac{v_k}{v_{0,k}} \end{pmatrix} \quad (6.10)$$

### 2) Řešení pomocí vícedimenzionální optimalizace

Jedná se o problematiku hledání minima v 17. dimenzionálním prostoru. Cílem bude najít minimum chybové funkce, popisující rozdíl mezi skutečnou rychlostí a predikovanou rychlostí větru. [36]

$$err(\alpha, \beta_1, \dots, \beta_{16}) = \sum_{i=1}^k \left[ v_i - v_{0,i} \beta(\omega) \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \right]^2 \quad (6.11)$$

Pro výpočet této rovnice je možné využít Powellovu metodu sdružených gradientů.

### 6.3 Predikce výroby elektrické energie z fotovoltaické elektrárny

Následující postup představuje jednu z možností, jak získat data pro predikci výroby elektrické energie z fotovoltaické elektrárny. Výnosnost FV elektrárny závisí zejména na aktuálním počasí, konkrétně na hodnotách solárního záření a teplotě okolí a článku. Zvyšující teplota článků má za následek snížení výkonu. Okamžitý výkon elektrárny je také ovlivněn oblačností, která mění poměr přímého a difúzního záření. Následující kontext popisuje možnost, jak získat hotnoty dopadajícího slunečního záření pomocí predikce oblačnosti (obrazové mapy) a předpokládaných hodnot solárního záření.

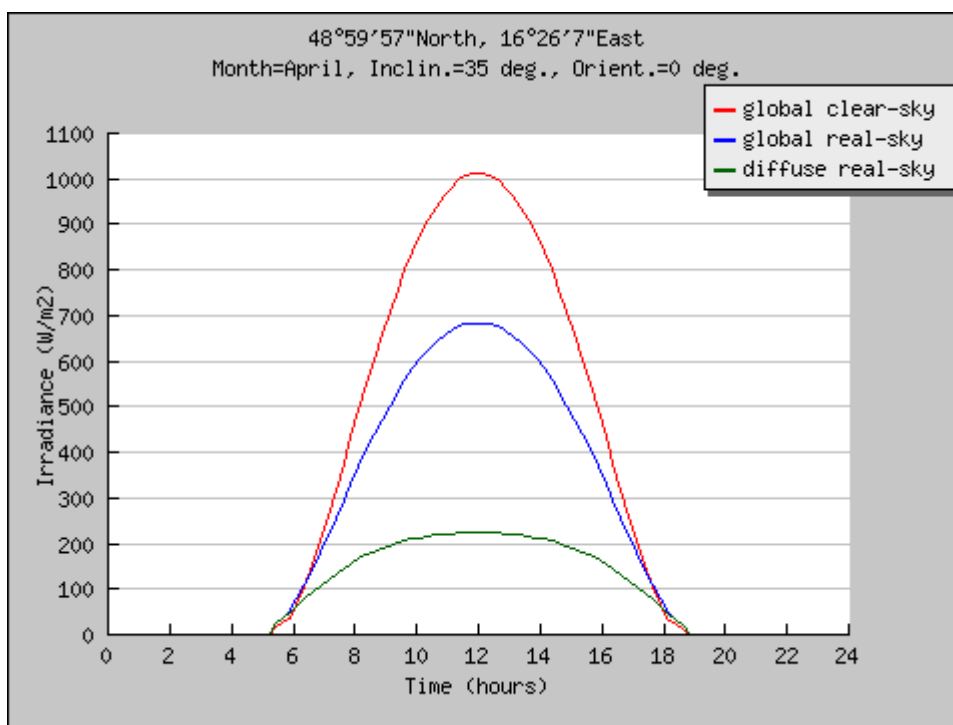
Predikci výroby elektrické energie z fotovoltaických panelů je možné obecně rozdělit na krátkodobou a dlouhodobou. Dlouhodobou predikci je možno udělat pomocí několika výpočetních modelů, kterými jsou např. Metonorm, pvPlaner a nebo online aplikace PVGIS. Při zaměření se na krátkodobou predikci, tak hodnota vyrobené energie závisí především na aktuálním počasí. Obecně platí pravidlo, že klesá přesnost predikce s narůstajícím počtem dnů, pro které se predikce provádí a že její přesnost je závislá zejména na přesnosti předpovědních modelů počasí. [40]

#### 6.3.1 Data pro predikci

Jedna z nabízených možností je využití kombinace predikované oblačnosti a predikovaného slunečního záření při bezoblačné obloze.

- Predikce slunečního záření

Predikované hodnoty je možné získat z PVGIS (Photovoltaic geographical Information system). Je to databáze, vytvořená výzkumným centrem Evropské komise a nabízí výpočet výroby elektrické energie v určitých místech Evropy a Afriky. Existuje zde také možnost stažení průměrných ročních a měsíčních dat slunečního záření pro zadané souřadnice. Na Obr. 6-5 je příklad hodnot globálního záření jak pro jasnou oblohu, tak pro reálné globální záření a také difúzní záření pro zvolený měsíc v roce. Výpočetní model využívá údaje ze satelitních měření a pozemních meteostanic. [40]



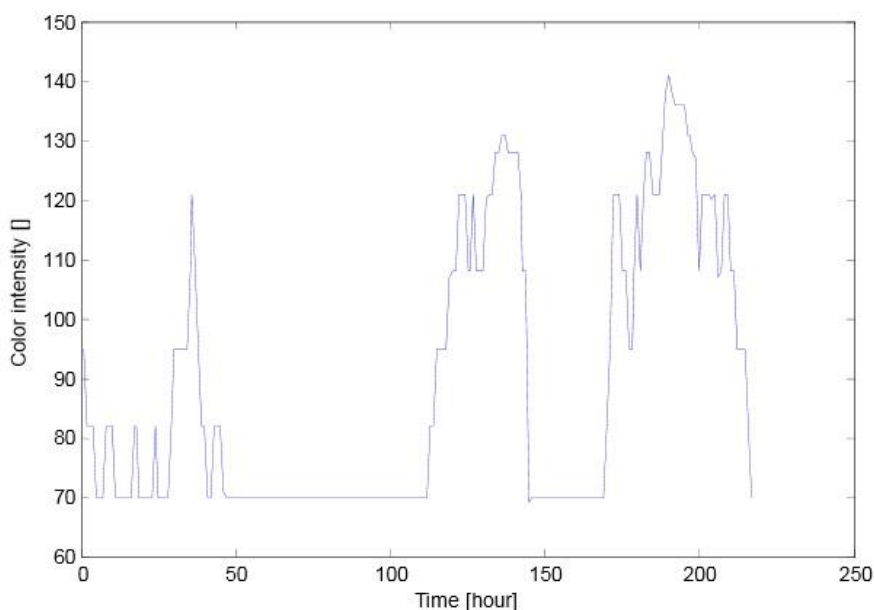
Obr. 6-5 Průběh solárního záření během dne

- Predikce oblačnosti

Další vstupní data pro predikci jsou prediktivní informace o oblačnosti, které jsou poskytovány např. ve formě obrázků. Mohou to být výstupy modelu atmosféry MM5, vyvinutého na Pennsylvania State University, National Center for Atmospheric Research (PSU/NCAR) v USA který je nastaven i pro Českou republiku. Výhodou tohoto modelu je hodinová aktualizace dat a volná dostupnost na internetu. Na obrázcích je znázorněno celkové množství vody v jakémkoli skupenství nacházející se v atmosféře. Oblast označená černou barvou znázorňuje malé množství srážek a malou oblačnost a naproti tomu bílá barva charakterizuje vysokou oblačnost.

- Verifikační data

Jako verifikační data se vyberou hodnoty slunečního záření, naměřené na místě, kde je umístěna FV elektrárna. Pro hodinovou predikci oblačnosti budou vybrána hodinová data. Ke zpracování obrazové předpovědi je nutné napsat skript např. v programu Matlab, který bude mít za úkol ukládat index barvy vybraného pixelu v obrazu. Pixel je umístěn na totožném místě v mapě jako elektrárna. Obr. 6-6 zobrazuje příklad průběhu indexu barvy předpovědi na 10 dní. Z obrázku je patrné, že jasná obloha odpovídá hodnotě indexu 70. [40]

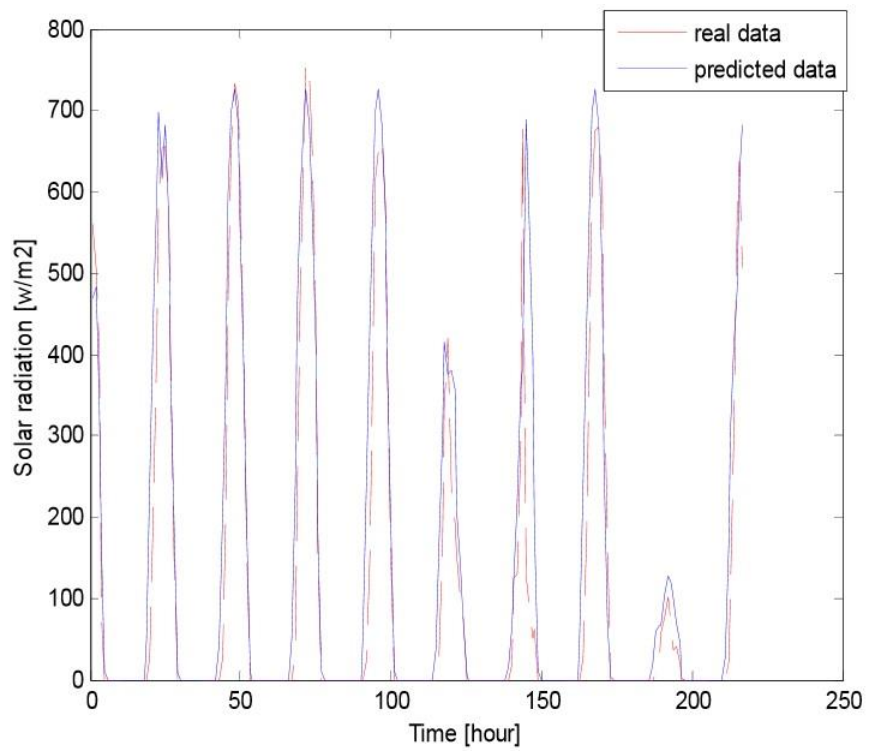


Obr. 6-6 Příklad průběhu indexu barvy

### 6.3.1 Vyhodnocení predikovaných a reálných dat

K porovnání reálných a predikovaných dat je možné použít predikci oblačnosti na následujících 24 hodin. Hodnota indexu barvy se odečte od maximální hodnoty indexu barvy v obrazech a zkombinuje se s hodnotami předpokládaného slunečního záření při bezoblačné obloze (Z PVGIS). Výsledkem je průběh predikovaných hodnot slunečního záření, jako je zobrazeno např. na Obr. 6-7. V grafu je zobrazen i průběh následně naměřených hodnot a je zřejmé, že predikované hodnoty se příliš neliší od hodnot následně naměřených. Takový výsledek je ale velice závislý na predikci oblačnosti, která nezahrnuje pohyb mraků a jejich výšku. [40]





Obr. 6-7 Srovnání naměřených a predikovaných dat

## 7 ZÁVĚR

Pojem inteligentní budova je poměrně nový a jeho rozvoj nás teprve čeká. Jedná se o budovy, vybavené zařízeními, které jsou řízeny tak, aby co nejvíce ušetřili energii a zpohodlnily uživatelům život. S narůstajícím požadavkem na úspory energie, ale přitom i s nadále zvyšující se kvalitou prostředí, ve kterém žijeme, bude pojem inteligentní budova diskutován čím dál častěji.

První část diplomové práce obsahuje rešerši problematiky inteligentních budov, kde jsou popsány jednotlivé systémy, kterými se tyto budovy vybavují. Prvním ze systémů je systém řízení vytápění, chlazení a vzduchotechniky, díky němuž lze dosáhnout maximální tepelné pohody. V kapitole je popsán zejména způsob realizace, regulace a komunikace mezi jednotlivými prvky. Dalším charakterizovaným systémem je elektronická požární signalizace (EPS), včetně kroků, které jsou prováděny při detekci požáru. Zabezpečovací a přístupový systém, který úzce spolupracuje s uzavřeným televizním okruhem (CCTV) plní funkci zabezpečení proti vniknutí neoprávněných osob do objektu, je ale možné jej využít i jako docházkový systém pro průmyslové budovy apod. Důležitou částí každého inteligentního domu je systém řízení osvětlení a ovládání žaluzií pro zabezpečení dostatečné světelné pohody, za předpokladu snížení provozních nákladů. Dále je popsán princip systémové instalace a stručný rozdíl mezi systémovou a klasickou instalací. Kapitola 3 se zabývá energetickou náročností budov, kde hlavní důraz je kladen na Evropskou normu EN 15232, která určuje jasné podmínky pro snižování spotřeby energie v budovách. V této normě jsou rozděleny budovy do čtyř tříd účinností. Třída A představuje nejvíce pokročilou a automatizovanou instalaci s největšími úsporami jak tepelné, tak elektrické energie, naproti tomu třída D není vybavena žádným automatizačním systémem. Jako referenční typ budovy je brána třída C, od které jsou vypočítávány možné úspory, při investici do inteligentní elektroinstalace. Kapitola 4 pojednává o problematice chytrých sítí. Je zde uvedena historie myšlenky vzniku chytrých sítí, odůvodnění důležitosti vývoje a je popsán nynější stav v Evropě a USA a budoucí vývoj chytrých domů implementovaných ve Smart Grid.

Praktická část diplomové práce byla zhotovena na základě požadavků firmy Teco a.s., která požadovala vytvořit výčet zařízení, kterými se dnes vybavují inteligentní rodinné domy a budovy a rozdělit je podle jejich vztahu k elektrické energii. Tento úkol byl proveden pomocí schémat, která byla rozdělena na tři základní skupiny, kterými jsou zdroje, spotřebiče a akumulární kapacity. Zdroje byly rozděleny na dvě části (zdroje elektrické energie a zdroje tepelné energie). Pod zdroje elektrické energie byly zařazeny fotovoltaická elektrárna pro střešní systémy, malá větrná elektrárna, malá vodní elektrárna s využitím turbíny Setur, palivové články, které představují spíše zdroj energie do budoucnosti, nicméně byly zmíněny z toho důvodu, že v chytrých sítích se s tímto zdrojem počítá. Podobná situace je u mikro-kogeneračních jednotek, které momentálně nejsou příliš rozšířené, jelikož parametry kogeneračních jednotek ani nejmenších výkonů kvantitativně nezapadají do aplikace rodinného domu, kromě kogeneračních jednotek pracujících na principu Stirlingova motoru, které jsou momentálně velice nákladné, ale lze předpokládat jejich využití v budoucnu. Kogenerační jednotky jsou zařazeny jak do zdrojů elektrické, tak i tepelné energie, jelikož je možné velice efektivně využít odpadní teplo. Dalšími zdroji tepelné energie jsou hojně využívané solární kolektory, tepelná čerpadla, kotle na biomasu a elektrokotle. Veškeré zdroje je možné vhodně kombinovat v závislosti na požadavcích uživatele. Další velkou skupinou jsou spotřebiče elektrické energie. Obecně platí, že spotřebiče pro vytápění spotřebují až 63 %, pro ohřev teplé vody 20 % a ostatní 17 % z celkové spotřeby

elektrické energie rodinného domu. Pod spotřebiče pro vytápění spadají rekuperační jednotky, sloužící v moderních domech a budovách k řízenému větrání, přitápění v chladných měsících a ochlazování v teplých měsících. Další zařízení, která jsou uvedena ve schématu jsou konvektory, fancoily, elektrické přímotopy, podlahová topení, a klimatizace. Do položky ohřev teplé vody byl zahrnut průtokový ohřívač a bojler, což jsou standartní spotřebiče každého rodinného domu. Nejmenší skupinou z pohledu spotřeby elektrické energie jsou tzv. ostatní spotřebiče, zahrnující spotřebiče pro osvětlení, přípravu pokrmů, kancelářskou, video/audio a mycí techniku. V posledním schématu jsou akumulární kapacity, které jsou rozděleny na akumulaci elektrické a tepelné energie. Pod akumulaci elektrické zapadají akumulátory a superkapacitory a pod akumulaci tepelné energie jsou zařazeny, akumulární nádrž, bazén a Trombeho stěna. Některé položky je možné zařadit do více skupin a to zejména spotřebiče, které přeměňují elektrickou energii na tepelnou a tím pádem se jeví i jako zdroje tepla. Jak již bylo zmíněno, rozdělení bylo provedeno podle vztahu k elektrické energii. Dále je ke každému zdroji uvedenému ve schématu provedena krátká studie, charakterizující daný zdroj a na závěr jsou přehledně v tabulce uvedeny výhody a nevýhody každého ze zmíněných zdrojů.

Není zde opomenuta ani problematika týkající se predikcí, které jsou bezpochyby nutné pro budoucí Smart Grid. Je poměrně obtížné zrealizovat dostatečně přesný predikční model, jelikož přesnost predikce je závislá na mnoha faktorech, které jsou v čase velice proměnné. Je zde navržen postup pro zhotovení modelu predikce spotřeby elektrické energie pomocí časových řad. V kapitole jsou popsány nutné vstupní veličiny a jejich zpracování, predikční algoritmus, závislost predikce na teplotě, což je nezanedbatelný fakt, jelikož aktuální spotřeba je úzce spjata s venkovní teplotou. Predikcí výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a to konkrétně z malé větrné elektrárny a fotovoltaické elektrárny pojednávají kapitoly 6.2 a 6.3, ve kterých je stejně jako u predikce spotřeby navržen postup pro realizaci modelu. Soubor veličin, nutných pro realizaci předpovědního modelu je průběžně rozepsán v poslední kapitole. Predikce spotřeby a výroby elektrické energie může být velkým přínosem v ekonomickém směru, jelikož se do určité míry zvýší efektivita výroby a distribuce elektrické energie.

## 7.1 Návrh dalšího postupu

Vzhledem k obsáhlosti praktické části této diplomové práce je možné dále postupovat v několika směrech. První možností může být tvorba programu, ve kterém bude možnost volby jednotlivých zdrojů, spotřebičů a akumulací elektrické energie, jejich následné ekonomické zhodnocení a návratnost investice. Další možností je výběr jednoho z predikčních modelů, provést podrobnější analýzu, naměřit alespoň roční data a vytvořit predikční program.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BOJANOVSKÝ, J., Johnson controls international , Inteligentní budova, [online], [cit. 3.9.2013], <http://www.tzb-info.cz/2271-inteligentni-budovy>
- [2] DUŠEK, B. Inteligentní budovy a jejich realizace, uživatelská příručka programu [online], [cit. 10.11.2013], [www.stech.cz/download.php?id\\_document=401158387&at=1](http://www.stech.cz/download.php?id_document=401158387&at=1)
- [3] KOHOUT, L.. Inteligentní budovy- učební texty VOŠ a SPŠ Kutná hora. [online], [cit. 4.11.2013], [http://www.edumat.cz/texty/Rizeni\\_budov6.pdf](http://www.edumat.cz/texty/Rizeni_budov6.pdf)
- [4] TMI HOLDINGS SP. Z.O.O , Energetický management v budovách, 19.3.2013 [online] [cit. 3.11.2013]. <http://inbudovy.cz/artikul/article/energeticky-management-v-budovach/>
- [5] JOHNSON CONTROLS INT, Inteligentní budova II. 11.10.2002 [online] [cit. 3.11.2013]. <http://www.tzb-info.cz/1154-inteligentni-budova-ii>
- [6] TELELARM,. Systém EBL128, [on line]. [cit. 20.12.2013], [http://www.telelarm.cz/cz/tech/prod\\_ebl128.htm](http://www.telelarm.cz/cz/tech/prod_ebl128.htm)
- [7] EXPERT SECURITY., Elektronické zabezpečovací systémy, multimediální a informační technologiereality. [on line] [cit. 15.12.2013]. <http://www.expertsecurity.cz/cs/ezs>
- [8] JOHNSON CONTROLS INT, Inteligentní budova III, P 18.10.2002 [online] [cit. 3.11.2013] <http://www.tzb-info.cz/1164-inteligentni-budova-iii>
- [9] PETR POJAR, České stavby, Kamera vidí i když spíte, 6.10.2009 [online] [cit.21.12.2013] <http://www.ceskestavby.cz/clanky/kamery-6053.html>
- [10] ABB S.R.O, inteligentní řízení budov, energetická efektivnost v budovách s využitím sběrníkové technologie ABB I-BUS KNX, Brno, [on line] [cit. 15.12.2013]. <http://www.abb.cz/search.aspx?q=inteligentn%C3%AD%20%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20budov>
- [11] ABB S.R.O, Preferovaná technologie systémem inteligentní elektroinstalace a řízení provozu budov, Brno, [on line] [cit. 15.12.2013]. <http://www.abb.cz/search.aspx?q=inteligentn%C3%AD%20%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20budov>
- [12] SVĚT PRŮMYSLU, Smart Grids: energetické sítě 21 století [on line] [cit. 15.12.2013] <http://www.svetprumyslu.cz/profil/abb-sro-smart-gridsenergeticke-site-21-stoleti.html>

- [13] CEZ, Iniciativa Future/E/motion, [on line] [cit. 19.12.2013]  
<http://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost2011/cs/environment/iniciativa-future-motion.html>
- [14] HORÁLEK, J., SOBĚSLAV, V., Technologie a požadavky na inteligentní sítě pro Smart Grid [cit. 19.12.2013], ISSN 1213-1539, 2012, Svazek 14,
- [15] ROUHAL, J., ABB, Fenomén Smart Grids, Praha, 9.6.2010., [cit. 19.12.2013]
- [16] ISSAR, Vývoj výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a z odpadů v ČR, Obnovitelné zdroje energie, [online][cit. 19. 12.2013]  
[http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne\\_zdroje\\_energie&site=energie](http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=obnovitelne_zdroje_energie&site=energie)
- [17] VODRÁŽKA, J., Komunikační sítě pro energetiku (Smart Grid), ČVUT Praha, 2011, [online], ČVUT Praha, 2011, [cit. 28.12.2013],  
[http://data.cedupoint.cz/oppa\\_e-learning/2\\_KME/159.pdf](http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/159.pdf)
- [18] EKOBONUS, Nízký tarif: komu je určen a proč je výhodný. [cit. 12.2.2014], [online],  
<http://www.ekobonus.cz/nizky-tarif-komu-je-urcen-a-proc-je-vyhodny->
- [19] KUNC, J. Principy provozování klasické a systémové instalace 9.7.2009 [online] [cit. 15.3.2014]. <http://elektrika.cz/data/clanky/principy-provozovani-klasicke-a-systemove-instalace>
- [20] ŠMÍD, J. Termíny a definice týkající se kvality elektrické energie. *IV. odborná konference ERU 2000*, Brno 23-24.11. 2000, 24 stran, na CD-ROM
- [21] ISOFEN ENERGY, Fotovoltaická elektrárna. [cit. 5.3.2014], [online],  
<http://www.isofenenergy.cz/Fotovoltaicka-elektrarna.aspx>
- [22] SOLARENVI, L., SYSTÉMY PŘIPOJENÉ NA SÍŤ (GRID-ON, GRID CONNECTED) [cit. 12.2.2014], [on line]. <http://www.solareni.cz/slunecni-elektrarny/typy-instalaci/fve-pripojene-na-sit/>
- [23] MACHÁČEK, J. Analýza možností využití malých a obnovitelných zdrojů pro napájení moderních budov. Studie, Vysoké učení technické v Brně, 25.11.2013, [cit. 5.3.2014], 150 stran.
- [24] SOLARION, Postup při pořízení fotovoltaické elektrárny. [on line], [cit. 1.4.2014].  
<http://www.solarion.cz/postup-pri-porizeni.htm>
- [25] GOLEM GROUP, Abeceda bydlení, Větrné elektrárny windtower. [on line], [cit. 2.4.2014]  
<http://www.abecedabydleni.cz/clanek/vetrne-elektrarny-windtower/>

- [26] EKO SOLAR S.R.O., turbína SETUR, [on line], [cit. 1.4.2014]  
[http://www.ekosolar.sk/voda/files/turbina\\_Setur\\_princip.pdf](http://www.ekosolar.sk/voda/files/turbina_Setur_princip.pdf)
- [27] KOGET S.R.O, Zapojení kogeneračních jednotek. [on line], [cit. 1.4.2014],  
<http://www.koget-cz.com/zapojeni-kogeneracnich-jednotek/>
- [28] MATUŠKA,T, Solární vytápění, Technické zařízení budov [on line], [cit. 1.4.2014].  
<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/solarni-vytapeni>
- [29] MATUŠKA,T, Solární příprava příprava teplé vody, Technické zařízení budov [on line], [cit. 1.4.2014].  
<http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/solarni-priprava-teple-vody>
- [30] PONCAROVÁ,J, Solární kolektory pro rodinný dům: stačí 1 metr čtvereční na osobu, 12.4.2011 [on line], [cit. 1.4.2014].  
<http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/solarni-kolektory-pro-rodinny-dum-staci-1-metr-ctverecni-na-osobu.aspx>
- [31] STRAKA,T. Tepelné čerpadlo- topení budoucnosti, REGULUS, 26.4.2002 [on line], [cit. 1.4.2014].  
<http://www.tzb-info.cz/966-tepelne-cerpadlo-topeni-budoucnosti>
- [32] BERANOVSKÝ,TRUXA Alternativní energie pro Váš dům, Brno, 2004, 125 stran. ISBN 80-86517-89-6
- [33] AVTC, Metodika pro návrh tepelného čerpadla systému vzduch - voda, 28.5.2012 [on line], [cit. 1.4.2014].,  
<http://www.avtc.cz/?page=dokumenty>
- [34] KRAUT, R.,NEVŘIVA, P., Predikce v časových řadách spotřeb elektrické energie, VŠB-TUO, FEI, katedra elektrotechniky, ČVUT v Praze, fakulta stavební, 2002, [cit. 5.3.2014], 8 stran
- [35] ŠVÁBOVÁ ,V, klimatologie povodí řek horní vltavy a malše, větrné poměry, 12.4.2011 [on line], [cit. 6.4.2014].  
<http://svabova.webzdarma.cz/vitr.htm>
- [36] MIŠÁK, S., PROKOP, L. . Predikce výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. VŠB-TUO, FEI, katedra elektrotechniky, duben 2011, [cit. 5.3.2014], 5 stran
- [37] KUČERA, T ,Malá větrná elektrárna SUNILLY 600W, 11.4.2013 [on line], [cit. 6.4.2014].  
<http://nawebu.net/energie/?p=442>

- [38] Pelikán, E ,Predikční metody, ústav informatiky AV VŘ, Praha, 2005 [on line], [cit. 6.4.2014].<http://www.softec.sk/files/Softecon/Softecon2005/Softecon05-Pelikan.pdf>
- [39] ŠVRČEK, M., HRABĚTOVÁ, J.,Budoucnost má jméno Smart Grids, 2.1.2009 [on line], [cit. 10.4.2014].  
<http://www.enviweb.cz/clanek/energie/73664/budoucnost-ma-jmeno-smart-grids>
- [40] MAJER, V., HEJTMÁNKOVÁ, P., Získání dat pro krátkodobou predikci výroby elektřiny z fotovoltaických elektráren, Západočeská univerzita v Plzni, fakulta elektrotechnická 15.5.2012,[online] [cit. 11.5.2014], 4 strany.  
[http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/43/130/43130943.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/130/43130943.pdf)